

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Brno, 2018

Bc. Václav Zemánek



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY

A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

**AKUSTICKÁ ANALÝZA MOZARTOVA EFEKTU A JEHO
PŮSOBENÍ U PACIENTŮ S EPILEPSII**

ACOUSTIC ANALYSIS OF MOZART EFFECT AND ITS EFFECT IN PATIENTS WITH EPILEPSY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Václav Zemánek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Tomáš Kiska

BRNO 2018

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor **Audio inženýrství**
Ústav telekomunikací

Student: Bc. Václav Zemánek

ID: 165031

Ročník: 2

Akademický rok: 2017/18

NÁZEV TÉMATU:

Akustická analýza Mozartova efektu a jeho působení u pacientů s epilepsií

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Analyzujte hudbu Mozarta a Haydna z hlediska tempa, dynamiky či barvy zvuku za pomoci parametrizačních technik číselového zpracování akustických signálů. Za pomoci korelační analýzy vyberte takové hudební parametry, které nejvíce korelují právě s epileptiformní aktivitou a zároveň přiblíží, které hudební aspekty toto neurologické onemocnění ovlivňují.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] XING, Y.; XIA, Y.; KENFRICK, K.; LIU, X. Mozart, Mozart Rhythm and Retrograde Mozart Effects: Evidences from Behaviours and Neurobiology Bases. Scientific Reports, 2016: s. 1-11.
- [2] MÜLLER, M. Fundamentals of Music Processing: Audio, Analysis, Algorithms, Applications [online]. Springer International Publishing Switzerland, 2015, 483 s. ISBN 978-3-319-21945-5.

Termín zadání: 18.6.2018

Termín odevzdání: 15.8.2018

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Kiska

Konzultant:

prof. Ing. Jiří Mišurec, CSc.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Hudba obecně dokáže člověka vnitřně uklidnit. U Mozartovy hudby se dají účinky dokonce změřit. Vědci naměřily studentům poslouchající Mozartovu hudbu vyšší IQ, u pacientů s epilepsií je potlačována epileptiformní aktivita. Tato diplomová práce se zabývá návrhem vyhodnocovacího systému, který dokáže určit hudební parametry potlačující epileptiformní aktivitu. V řešení je proveden podrobný rozbor skladeb, parametrizace signálu, popis zpracování dat a následná korelační analýza za použití Pearsonova vzorce. V závěrečné kapitole jsou popsány hudební parametry, které potlačují epileptiformní aktivitu jak u žen, tak u mužů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Mozartův efekt, epilepsie, rozbor sonáty, korelační analýza

ABSTRACT

The music, in generally, can calm down a human internally. The effect of Mozart's music can even be measured. Students, who listened Mozart's music, had higher IQ result and epileptiform activity is describing on patients with epilepsy. This master's thesis is dealing with design of the evaluation system, which can determine music parameters describing epileptiform activity. In the solution is make detailed analysis of the tracks, signal parameterization, description of data processing and make the Pearson correlation analysis. In the final chapter are described music parameters, which suppress epileptiform activity in the women and the man.

KEYWORDS

Mozart effect, epilepsy, sonata analysis, correlation analysis

ZEMÁNEK, Václav *Akustická analýza Mozartova efektu a jeho působení u pacientů s epilepsií*: diplomová práce. Místo: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací, 2018. 57 s. Vedoucí práce byl Ing. Tomáš Kiska

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Akustická analýza Mozartova efektu a jeho působení u pacientů s epilepsií“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Místo

.....

podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce panu Ing. Tomáši Kiskovi za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci.

Místo

.....

podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Výzkum popsáný v této diplomové práci byl realizován v laboratořích podpořených z projektu SIX; registrační číslo CZ.1.05/2.1.00/03.0072, operační program Výzkum a vývoj pro inovace.

Místo

.....

podpis autora

OBSAH

| | |
|--|-----------|
| Úvod | 10 |
| 1 Neurodegenerativní onemocnění | 11 |
| 1.1 Neurodegenerativní onemocnění | 11 |
| 1.2 Epilepsie | 12 |
| 1.3 Mozartův efekt | 13 |
| 2 Rozbor skladeb | 15 |
| 2.1 Hudební teorie a sonátová forma | 15 |
| 2.2 Mozart-Sonata D dur - první část - Allegro con spirito | 15 |
| 2.3 Joseph Haydn, Symphony VI, G dur, S úderem kotlů, první věta . . . | 20 |
| 3 Technická část | 23 |
| 3.1 Získávání hudební informace | 23 |
| 3.2 Parametrizace hudebního signálu | 23 |
| 3.2.1 Nízkoúrovňové parametry | 23 |
| 3.2.2 Středoúrovňové parametry | 24 |
| 3.2.3 Vysokoúrovňové parametry | 24 |
| 3.2.4 Dynamické parametry | 24 |
| 3.2.5 Rytmické a tempové parametry | 24 |
| 3.2.6 Intenzita | 25 |
| 3.2.7 Barva zvuku | 25 |
| 4 Vyhodnocovací systém | 26 |
| 4.1 Záznam EEG | 26 |
| 4.1.1 Pacienti | 26 |
| 4.2 Skladby | 27 |
| 4.3 Získávání dat | 28 |
| 4.3.1 Zpracování dat - Signalplant | 28 |
| 4.3.2 Zpracování dat - Matlab | 29 |
| 4.4 Výpočet parametrů | 30 |
| 5 Korelační analýza a statistické vyhodnocení | 32 |
| 5.1 Pearsonův korelační koeficient | 32 |
| 5.2 Korelace s rytmičnými parametry | 33 |
| 5.3 Korelace s dynamickými parametry | 34 |
| 5.4 Korelace s parametry intenzity | 35 |
| 5.5 Korelace s parametry barvy zvuku | 36 |

| | |
|--|-----------|
| 6 Závěr | 37 |
| Literatura | 39 |
| A Partitury | 43 |
| A.1 Mozart | 43 |
| A.2 Haydn | 44 |
| B Naměřené epileptiformní výboje | 45 |
| B.1 Analýza reakce pacientů na skladby | 45 |
| B.2 Pacientky | 52 |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | | |
|-----|---|----|
| 4.1 | Návrh vyhodnovacího systému | 26 |
| 4.2 | Zobrazení elektrod v programu Signalplant | 28 |
| 4.3 | Epileptické výboje podle tvaru [22] | 29 |
| 4.4 | Detekce výbojů | 30 |
| A.1 | Sonáta D dur - první část - Allegro con spirito | 43 |
| A.2 | Symphony VI G dur, S úderem kotlů, první věta | 44 |

ÚVOD

Tématem této diplomové práce je **Akustická analýza Mozartova efektu a jeho působení u pacientů s epilepsií**. Je dokázáno, že Mozartova hudba má kladné účinky na vnímání u člověka. V oblasti neurologie dokonce u pacientů s epilepsií. U těchto pacientů díky poslechu sonáty D dur (K.448) dochází k poklesu epileptiformní aktivity.

V rámci této práce bude podrobný rozbor dvou skladeb, které pacienti poslouchali. Jedná se o Sonatu D dur, pro dva klavíry (K.448) od Wolfganga Amadeuse Mozarta a druhá skladba je Symfonie G dur, S úderem kotlů, první věta od Josepha Haydna. Díky těmto rozborům se dá na základě dat, které byli změřeny pacientům, získat hudební parametry, které nejvíce ovlivňují pokles epileptiformní aktivity.

Úvodní část práce se zabývá neurodegenerativními onemocněními. Jsou zde pojednány nemoci, které jsou typické pro tuto skupinu onemocnění. Dále je v samostatném odstavci pojednání o epilepsii a Mozartovém efektu. V další kapitole je samostatný rozbor skladeb. Úvod do této kapitoli tvoří hudební teorie a sonátová forma. V technické části je popsáno získávání hudební informace a také parametrizace hudebního signálu, kde jsou popsány a rozděleny hudební parametry. V další kapitole je navržen vyhodnovací systém. Je navrženo a popsáno blokové schéma a vysvětlen každý samostatný blok. V poslední kapitole je korelační analýza a statistické vyhodnocení. Jsou zde uvedeny výsledky tabulky s konkrétními závěrečnými hodnotami.

1 NEURODEGENERATIVNÍ ONEMOCNĚNÍ

1.1 Neurodegenerativní onemocnění

Jedná se o nemoc, u které dochází ke ztrátě specifických skupin neuronů [1]. Díky tomu byla tato onemocnění po dlouhou dobu chápána velice obecně. Mnohdy byly do této skupiny zařazovány choroby, u kterých nebyl znám původ nebo mechanismus postižení [2]. Jedná se o soubor onemocnění s poměrně přesně vymezenou prognózou, patofyziologií, klinikou, i terapií.

Přehled neurodegenerativních onemocnění:

- Stárnutí a kognitivní funkce

Stárnutí je fyziologický proces, při kterém dochází ke změnám v oblasti tělesné, duševní a sociální.

Při stárnutí klesá většina kognitivních schopností. To ale nevede ke zhoršení celové soběstatnosti. Jeho průvodním jevem bývá mírná kortikální i subkortikální atrofie.

- Alzheimerova nemoc

Typická forma se v důsledku častého postižení transentorinální oblasti, parahipokampálního závitu a hipokampu projevuje klinicky zpočátku jako amnestický syndrom. Později patologické změny postihují fuziformní gyrus a šíří se dále temporálně i extratemporálně. Tomu odpovídá progresse klinických příznaků z dalších oblastí - exekutivní postižení, poruchy řeči, zrakově-konstruktivní dysfunkce a další.

- Progresivní afázie

Společným rysem frontotemporálních lobárních degenerací je primární postižení frontální a temporální kůry, mnohdy s výraznou asymetrií. Zpočátku izolovaná alterace řeči, která postupně progreduje do obrazu těžké frontální demence, je typická pro primární progresivní afázie.

- Parkinsonova nemoc

Je onemocnění ze skupiny synukleinopatií, které se vyznačují charakteristickou pohybovou poruchou, parkinsonovým syndromem tvořeným kombinací hypokineze, rigidity, třesu a posturální instability. PN se dále projevuje řadou onomotorických projevů postižení centrálního a autonomního nervového systému.

- Ostatní neurodegenerace

Stále ještě existuje skupina nezařazených neurodegenerací. Jsou to vesměs velmi vzácné nemoci s ojedinělými popisy v odborné literatuře [2].

1.2 Epilepsie

Výraz epilepsie je odvozen z řeckého slova **epilonbanein**, které v podstatě znamená uchvátit, napadnout. Z toho tedy vyplývá, že se jedná o **záchvatovité onemocnění**.

Tato nemoc se projevuje změnou vědomí s příznaky senzorickými, vegetativními, senzitivními nebo motorickými. Tyto příznaky se mohou vyskytovat zvlášť, nebo i v různých kombinacích při jednom záchvatu. Ten je vyvolán funkční poruchou mozku, jejíž příčinou jsou abnormní a excesivní výboje korových neuronů. Charakter záchvatu závisí na způsobu šíření výbojů a daném místě. Trvá obvykle vteřiny až minuty [3]. Podle stupně iradiace, tedy rozšíření epileptické aktivity rozlišujeme **velké** a **malé** záchvaty. Ty závisí na tom, jaká část mozku byla postižena záchvatovou aktivitou.

Při **malém** parciálním záchvatu je postižena jen část mozku. Z pohledu vnějších projevů jsou malé záchvaty mnohem méně výrazné než velké.

Při **velkém** generalizovaném záchvatu je postižen celý mozek [4].

Nejmírnější forma **malého** epileptického záchvatu je krátkodobá ztráta vědomí. Daná osoba má po dobu několika sekund poruchu vědomí a nekomunikuje. Také se může upřeně nebo zasněně zahledět do jednoho místa, přerušit nebo zpomalit svoji činnost. Tyto záchvaty zůstávají zejména na počátku onemocnění nepozorovány nebo jsou považovány za nepozornost, nesoustředěnost či zlozvyk.

U **velkého** generalizovaného záchvatu je člověk v bezvědomí a neví, co se děje. Bez jakéhokoli varování signálu upadne na zem. Často s křikem nebo se sténáním obrací oči v sloup, celé tělo se napne a nakonec dojde k záškubům paží, nohou a obličje. Na vrcholu tohoto záchvatu dochází ke slinění, popřípadě se objevuje pěna u úst [5].

Podle Mezinárodní klasifikace se záchvaty dělí na tři základní skupiny: **ložiskové**, **generalizované** a **neklasifikované**.

Ložiskové:

Ložiskové jednoduché s příznaky

- Motorickými
- Senzitivními a senzorickými
- Autonomními
- Psychickými

Ložiskové komplexní

- Ložiskové jednoduché s následnou poruchou vědomí
 - S jednoduchými klinickými projevy a následnou poruchou vědomí
 - S automatismy
- S iniciální poruchou vědomí
 - Pouze porucha vědomí
 - S automatismy

Ložiskové se sekundární generalizací

- Jednoduché ložiskové se sekundární generalizací
- Komplexní ložiskové se sekundární generalizací
- Jednoduché ložiskové s přechodem do komplexních, a poté se sekundární generalizací

Generalizované:

- Absence
 - typické
 - atypické
- Myoklonické
- Klonické
- Tonické
- Tonicko-klonické
- Atonické

1.3 Mozartův efekt

Vztah mezi hudbou a lidskou inteligencí se studuje od nepaměti. Jedním z posledních objevů v této oblasti je Mozartův efekt. Tento pojem byl poprvé použit roku 1995, kdy vědci z Kalifornské univerzity zjistili, že studenti, kteří poslouchali Mozartovu hudbu, dosahovali lepších výsledků při IQ testech. V tomto případě není snadné opřít se o klasické vědecké postupy. Vědci stále neví, jakým způsobem a proč právě Mozartova hudba ovlivňuje lidskou inteligenci, chování, vývoj ale také třeba chování zvířat či rostlin. Jisté je, že Mozartova hudba má globálně větší vliv než hudba jakéhokoli jiného skladatele.

Jak se liší Mozartova hudba od jiných skladatelů jako je Bach, Dvořák, nebo i Beatles či ACDC? Bez ohledu na hudební vkus posluchače, dokáže tato hudba uklidnit, vylepšit jeho prostorové vnímání, usnadnit vyjadřování. Thomatis ve své knize *Pourquoui Mozart?* (proč Mozart?) tvrdil, že „on měl účinek a vliv, kteří ostatní neměli. Byl výjimkou z výjimek, disponoval osvobozující, hojivou mocí. Jeho půso-

bivost daleko přesahuje vše, co pozorujeme u ostatních skladatelů.“ Mozartův život byl výjimečný a velmi odlišný. Ještě před narozením poslouchal den co den hudbu, když otec hrál na housle a matka mu zpívala (sluch je vyvinut již od 24. týdne prenatálního života). Ve čtyřech letech byl hudebníkem a je považován za jednoho z nejslavnějších zázračných dětí vůbec. Ve dvanácti komponoval a zdálo se, že v hlavě měl celou skladbu ještě dříve než na papíře. Za svou kariéru vytvořil sedmnáct oper, čtyřicet jednu symfonii, dvacet sedm koncertů pro klavír, nespočet klavírních sonát, hudbu pro varhany, klarinet a jiné nástroje. Jeho dospívání bylo nesmírně chaotické až rozervané. Neměl stálou partnerku na celý život. Nicméně právě dětství, výchova, divoký život a roztržitost dal Mozartově hudbě onu výjimečnost [6].

2 ROZBOR SKLADEB

2.1 Hudební teorie a sonátová forma

V této části semestrální práce je pojednáno o hudební teorii a sonátové formě, kvůli orientaci v rozboru skladeb. Pojmy, které se v rozboru vyskytují:

Tonika - základní tónina skladby. Nemusí jí skladba začínat (zpravidla ale začíná), ale určitě jí musí končit. První stupeň diatonické stupnice

Dominanta - je pátý stupeň diatonické stupnice.

Unisono - stejné noty v partituru jak pro nástroje, tak pro hlasy.

Basová linka - melodie vedená basem

Závěrečné formule - závěrečná část skladby, nebo její pasáže.

Sonáta je hudební forma, která se plně rozvinula v období klasicismu. Její princip je založen na protikladu minimálně dvou témat, mezi nimiž je napětí. To se ve skladbě různě zpracovává. Nejdřív napětí narůstá a nakonec je zklidnění. Sonátová forma se skládá ze tří částí a to: expozice, provedení a repríza. Někdy také obsahuje úvod a kódu.

Expozice – má nejméně dvě kontrastní hudební témata, hlavní a vedlejší, a někdy bývá uzavřena i závěrečným tématem. Po hlavním tématu následuje mezivěta, která má modulovat do tóniny příbuzné. V klasicismu nejčastěji do paralelní, nebo dominantní. A v této části skladby se objevuje vedlejší téma. V klasicismu se také expozice opakovala repeticí.

Provedení – zde se pracuje s tématy uvedenými v expozici. Mění se jejich tonální hladiny(modulace), využívá se skrytých dispozic, obměňují se a stavějí do kontrastu atd. Někdy se vytváří i nová témata.

Repríza – v repríze se opakují témata z expozice. Nebo se opakuje celá expozice, ale mezivěta již nemoduluje do kontrastní tóniny, tedy končí v základní tónině. Aby nedošlo k porušení tonálního spektra, zůstává hlavní i vedlejší téma taktéž v základní tónině. Někdy je v repríze zkrácená expozice, nebo jsou přehozeny části témat atd [7].

2.2 Mozart-Sonata D dur - první část - Allegro con spirito

Jak už předznamenání napovídá (allegro), skladba je svižná a rychlá. V půlce skladby je repetice. To znamená, že se interpreti vrací na začátek skladby a v druhé části zrovna tak. Jakmile se dohraje konec repetice, vrací se interpreti na začátek této

repetice a hrají znovu stejnou část. Ovšem v nahrávce, kterou analyzuji, dodržují klavíristé repetici pouze poprvé. Druhou repetici už neopakují. Záleží většinou na interpretovi, zda-li a jakou repetici budou dodržovat.

Expozice - Sonáta začíná jasným a rázným úvodem ve forte, kde oba klavíry hrají v tónice a unisono. Po tomto úvodu, který má čtyři takty, nastupuje první klavír, který udává melodii. Druhý klavír nehraje, případně doplní první klavír ozdobnou vyhrávkou nebo ho doprovází čtvrtovými tóny v oktávách a vytváří tím basovou linku. V následujících taktech zopakuje stejnou melodii druhý klavír. Je doprovázen prvním klavírem, který už ale přidává ozdoby a více klavír doplňuje. Společně pak vytvoří malý závěr tématu, který tvoří v pravé ruce vzájemné tercie ale s rozsahem přes oktávu a v levé ruce je to stejné vedení basu. Pokračováním v tématu jsou pak u prvního klavíru sestupné rozložené akordy. Jedná se o akordy D dur v různém rozložení (D dur akord se skládá z tónů D, Fis, A). První začíná na D3 a postupným sestupem rozloženého akordu skončí na D2. Stejnou pasáž hned zopakuje druhý klavír. Další sekvence rozložených akordů je od H2 po H1. To znamená, že se jedná o akord D7, kterým interpret naznačuje přechod do jiné tóniny. A poslední sekvence je od G2 po G1, tedy rozložený akord G dur.

Nyní by posluchač čekal ukončení tématu v A dur, což je dominantní akord, a zakončení zpátky v D dur. Ale interpret se dostane přes obraty Gis, E, A Fis do tóniny E dur. Teprve v této tónině připravuje posluchače na závěr. První klavír hraje pouze noty E a druhý klavír hraje pět taktů stále stejné téma, vždy ale o půl tón výš nebo níž. Závěr této pasáže je v A dur, které je tvořeno unisonem a které se změnilo na toniku, protože následující část skladby je v tónině A dur.

Nyní se skladba trochu uklidní, předepsané tempo je dolce, což znamená sladce, líbezně. Začíná druhý klavír tématem. Hraje sám, akorát do jeho prázdné doby na konci každého druhého taktu zahraje první klavír příraz na tónu E2. Téma trvá čtyři takty, kdy je následně zopakováno, ale ovšem už s ozdobami jako je trilek a zakončení jiným závěrem. Po dohrání tématu nastupuje první klavír kdy nehraje už téma, které bylo hráno v druhém klavíru, ale jeho variaci. Druhý klavír hraje s prvním stejné noty, ale o oktávu níž v levé ruce. Celá tato pasáž se hraje klidně a v pianu.

Do poslední noty klidné pasáže nastupuje druhý klavír s rychlým tempem. Téma, které trvá pouze dva takty, se střídá v obou klavírech. Jeho melodií i stupňováním každého nového nástupu o tón výš graduje celou skladbu. Zpočátku hrála melodii pravá ruka a levá vytvářela napětí ostrými osminami na tónu A. Při velké gradaci se ale vymění. Pravá ruka hraje akordy a levá hraje dané téma, v basové lince, který je rázný a podtrhuje melodii. Největší forte nastává v závěrečné kadenci, která ukončuje graduující pasáž. Kadence není nijak složitě řešená. Druhý klavír hraje akordy

na čtvrt doby a první klavír hraje v oktávách průchozí melodii a doplní daný akord vyhrávkami a zároveň připraví na další změnu akordu v druhém klavíru. Zakončení je v klasickém pořadí subdominanta, dominant a tónika. V následující části skladby se zase klavíry vymění. Vyhrávek v oktávové poloze se ujímá druhý klavír, zatímco první klavír začíná novou kadenci. Levá ruka hraje půlové noty, vytváří tím basovou linku, těžká doba je na první dobu a s každou novou dobou klesá o tón níž, až se dostane na akord D dur. Tady se začne vytvářet závěr první části, tedy části, kde je repetice. Oba klavíry, i když to není zapsané v partituře, se trochu ztiší, nehrají žádnou určitou melodii, přidají zvýšený čtvrtý stupeň (tón Dis), kde opakují předešlý takt, ale s dynamikou už zesilují a na dominantě vytvoří jednoduchý závěr tématu. V další části skladby hraje levá ruka druhého klavíru pouze tón A. Je to po předešlých harmonických změnách uklidnění a příprava na závěr. První klavír zahraje na dvou taktech v mezzoforte téma, poté ho v menší dynamice zopakuje a následuje úplný závěr. První klavír zahraje jeho téma, druhý klavír ho zopakuje a pak společně, v rozložených akordech A dur, zakončí první část skladby. V tomto místě skladby je repetice, čili interpreti se vrací na její začátek, což je v tomto případě začátek skladby a znovu ji přehrají.

Provedení - začíná novým tématem. Objeví se také některé pasáže z první poloviny, jako je hlavní téma, ale v principu je zahrána pouze část tématu, menší nebo větší, a pak se na ní vytváří variace, nebo její úpravy.

Druhý klavír přehraje v oktávách a v pianu začátek skladby. Jedná se o zcela novou, klidnou melodii v tónině A dur. Je to nový motiv, na který navazují nejrůznější variace na další stránce a půl. Danou melodii si přebírá první klavír a znovu ji přehraje. Poté pomocí tercií „vyběhne“ první klavír do dvoučárkové oktávy a společně s prvním klavírem hrají v levé ruce téma, ale v moll. Je hráno ve velkém forte a zdvojnásobením hlasů je melodie velmi dobře čitelná. Jedná se o takovou melodicky dramatickou změnu, která je podtržena rychlými skoky v pravé ruce u obou klavírů. Přes kadenci akordů Cis, D, C, B se interpret vrací na začátek tématu, které začíná od A2, jako na začátku, ale nehraje ji již v tónině A dur, ale D dur. To znamená, že místo tónu Gis se hraje G. Tempo se zpátky mění na dolce, čili líbezně a druhý klavír přehraje téma, ale pouze jenom v jeho polovičním rozsahu. To přebírá první klavír a o velkou tercii výš, tedy od tónu D3, ji přehraje. Nyní je téma melodicky ozdobeno takzvanou skupinkou u každé noty. Hraje ji druhý klavír. A znovu ji přebírá a přehrává první klavír o velkou tercii výš. Celá tato pasáž, kde si skladatel pohrává s jedním melodickým tématem, končí v pianu a několikerým opakováním poslední skupinky not, které si mezi sebou vzájemně klavíry vyměňují. Melodická linka nás zavede do tóniny A dur. Následují čtyři takty, které pomocí crescenda a zdvojováním hlasů v oktávě vytváří napětí na příchod dalšího motivu.

Skladatel se ale vrací k první melodické lince a je přehrán první motiv celé skladby.

Repríza - Jasný a rázný úvod ve forte, kde oba klavíry hrají v tónice a unisono. Po tomto úvodu, který má čtyři takty, nastupuje první klavír, který udává melodii. Druhý klavír nehraje, případně doplní první klavír ozdobnou vyhrávkou nebo ho doprovází čtvrtovými tóny v oktávách a vytváří tím basovou linku. V následujících taktech zopakuje stejnou melodii druhý klavír. Je doprovázen prvním klavírem, který už ale přidává ozdoby a více klavír doplňuje. Při vzestupných stupnicích, které jsou nyní hlavní melodií a opakují se ze začátku skladby je ale melodická změna. Sestupným snižováním basové linky o půl tón se interpret dostane do tóniny G dur, ve které tvoří následně melodie sestupných rozložených akordů. První začíná na D3 a postupným sestupem rozloženého akordu skončí na H1. Stejnou pasáž hned zopakuje druhý klavír. Další sekvence rozložených akordů je od H2 po G1. A poslední sekvence je od G2 po E1. Závěr této pasáže je vytvořen stupnicemi. První klavír zahraje stupnici D dur od tónu Fis, levá ruka hraje o velkou tercii níž, ale končící tón pravé ruky není G2(předznamenání pro stupnici D dur jsou dva křížky), ale Gis2. Zvýšením tónu G na Gis v tónině D dur, vzniká stupnice A dur. Toho se chytá druhý klavír, který na stejném tónu, ale o oktávu níž začíná. Pravá ruka hraje stupnici A dur, levá hraje také A dur, ale o velkou sextu níž. A první klavír poté vytvoří jednoduchý závěr na jednom taktu. Máme znovu označení tempa dolce a nastupuje klidné téma. Toto téma už jednou zaznělo na začátku skladby, bylo hráno ale o čistou kvartu níž. Začíná první klavír tématem. Hraje sám, akorát do jeho prázdné doby na konci každého druhého taktu zahraje druhý klavír příraz na tónu A2. Téma trvá čtyři takty, kdy je následně zopakováno, ale ovšem už s ozdobami jako je trilek a zakončení jiným závěrem. Téma končí na první notě začínajícího taktu a pak jsou tři doby pauza. Toho využije druhý klavír a vyplní prázdné doby vyhrávkou za pomoci velkých tercií. Je to takový nástup na téma. To také druhý klavír zahraje, ale pouze jenom jeden takt. Ten stejný takt je následně přehrán v levé ruce téhož klavíru. Další takt se objeví v pravé ruce a stále se takhle střídají. Mezitím, co jedna ruka přehrává melodii, se v druhé vytvoří nové téma a to je v dalším taktu přehráno v druhé ruce a tak dále. Dané melodie se vlastně co takt střídají mezi sebou. Je zajímavé, že melodicky to velmi dobře funguje. Celá tato pasáž je zakončena prvním klavírem.

Do poslední noty klidné pasáže nastupuje druhý klavír s rychlým tempem. Téma, které trvá pouze dva takty, se střídá v obou klavírech. Jeho melodií i stupňováním každého nového nástupu tématu o tón výš graduji celou skladbu. Pravá ruka hraje melodii a levá vytváří napětí ostrými osminami na tónu D1. Při silné dynamice (forte) se ale vymění. Levá ruka hraje melodii v basové lince a pravá ruka hraje durové osminové akordy na každou dobu. Největší forte nastává v závěrečné kadenci,

která ukončuje gradující pasáž. Druhý klavír hraje čtvrtové akordy na první a třetí dobu. Je zajímavé, že každá třetí doba je o tón níž, než ta předtím. Tím tedy skladatel vytváří konec pasáže, kdy se postupným klesáním dostane na tón A, což je dominanta, a na tónice je postavený závěr. První klavír vytváří šestnáctkami doprovodnou melodii. Obě ruce hrají stejné noty. Na poslední notě druhého klavíru (toniky) „vyběhne“ pravá ruka pomocí rozloženého akordu D dur o oktávu výš a přejímá stejnou kadenci jako byla v druhém klavíru. Levá ruka teď hraje už půlové noty (nejsou zde tedy pomlky na druhou a čtvrtou dobu) a pravá ruka hraje doprovodnou melodii, která se melodicky opakuje. Druhý klavír hraje šestnáctky, stejně jako první klavír v předchozím tématu. Konec této pasáže začíná v levé ruce druhého klavíru, který postaví akord G dur (subdominanta) na čtyři doby, první klavír do toho hraje střídavě osminky. Vytváří tím napětí a přenechává melodii druhému klavíru. Následuje zopakování taktu, ale na zvýšeném čtvrtém stupni, pak rázný čtvrtový akord A dur. Do zbylé pauzy taktu hraje pravá ruka prvního klavíru rozložený D dur akord a následuje závěr v dominantě a zakončení D durem na první době nového taktu. Jenže na stejné době začíná nové klidné téma v pianu, kterého se chopí první klavír. Jedná se o téma, které začíná v druhé části skladby. Je přehráno celé s občasným doprovodem druhého klavíru. V poslední části tématu je velké crescendo a nástup stejného tématu ve forte. Melodii hraje levá ruka v obou klavírech. Pravá ruka má v šestnáctkách doprovodnou roli.

Závěr končí na tonice, ale pravá ruka nemá jako vrchní tón D, ale Fis. Čili to nezní jako úplný závěr, ale melodie musí pokračovat. To skladatel vyřešil tak, že se s melodií vrátil zpátky do subdominanty. Dvě doby hraje v G dur a další doba je G moll. Tím by se mohl vrátit zpátky do toniky, ale překvapivým závěrem je sice akord D dur, ale v base s tónem Fis. Takže stejná situace, jako o takt dřív. Do poslední noty prvního klavíru nastupuje druhý a předešlý takt zopakuje, a to stejné se odehraje ještě jednou v následujícím taktu, který převezme první klavír. Poslední jeho tón (akord D dur) už ale nehraje první klavír, nýbrž jej převezme druhý klavír a místo akordu D dur zahraje akord Ais dur, což je snížený šestý stupeň, který se také nazývá klamný závěr. Levá ruka vytváří basovou linku. Průchodem přes půltóny se dostane na tón A, pravá ruka hraje stejné akordy jako první klavír. Jedná se o D dur, D dur, G dur, A dur a poslední tón D dur. A tady už se ocitáme na úplném závěru skladby. Je tvořen na dvou řádcích notové partitury. Levá ruka druhého klavíru hraje pouze tóny D. Levá ruka prvního klavíru hraje v terciích ve staccatu osminové noty a vytváří harmonii. A pravá ruka obou klavírů hraje stejnou melodii, ale v oktávě. Na dvou taktech je vytvořeno téma, které je následně zopakováno. Pak první klavír zahraje novou melodii, druhý klavír ji zase zopakuje a společně pak na tonice zahrají závěr končící pouze tóny D.

2.3 Joseph Haydn, Symphony VI, G dur, S úderem kotlů, první věta

Obsazení orchestru v této skladbě je pro dobu, ve které žil Joseph Haydn, klasické. V dechové sekci jsou dvě flétny, dva hoboje, dva fagoty, dva lesní rohy-ty jsou laděny v G dur a dvě trumpety-jsou laděny v C dur. Ve smyčcové sekci jsou první housle, druhé housle, viola a violoncello a kontrabas, kteří hrají stejný part. Jsou zde také obsaženy dva tympány. Jeden je laděný na tón D a druhý na tón G.

Tato první věta má dvě tempová předznamenaní. První je Adagio cantabile. V tomto tempu je zahrána první část skladby a tou je introdukce. Druhé předznamenaní je Vivace assai. V tomto tempu je dohrán celý zbytek skladby. Introdukce-začíná v pianu a doba je tříčtvrteční. Předepsané tempo je Adagio cantabile a skladba začíná dvouhlasým motivem v tónině G dur. Hrají dechy bez flétny dva takty. Na dalších dvou taktech hrají smyčce v dominantním D dur o oktávu níž. Ova dva motivy působí jako otázka a odpověď. Motiv se opakuje, nyní hraje s dechy i flétna. „Odpověď“ která je zopakována ve smyčcích už ale nekončí v D dur, ale je zakončena tonikou G dur. V dalším osmitaktí je motiv chromaticky zpracováván. To znamená, že melodie stoupá po půltónu a opakuje se. Také celé hudební těleso zvyšuje na dynamice. Zakončení chromatiky je na dominantním akordu. Violoncello a kontrabas společně s lesními rohy hrají čtyři takty tón D. Zbytek smyčců s postupným decrescendem melodicky zakončují motiv. Závěrečný akord je postavený na akordu D dur, který hraje celý orchestr. První housle pak v pianu přecházejí na další motiv Vivace.

Expozice - Předepsané tempo je Vivace assai (živě, rychle) a doba je šestiosminová. Téma začínají první a druhé housle na prvních čtyřech taktech v pianu. V pátém taktu je velká dynamická změna, kdy nastupuje celý orchestr ve forte a pokračuje bez přerušení. Základní tón G je držen, hlavně violoncellem a kontrabsem, po 9 taktů. Zbytek orchestru nad ním v krátkých intervalech střídavě hraje tóniku (G dur) a dominantu (D dur). Díky těmto krátkým intervalům se vytváří pocit, že skladba zrychluje. V taktu 31 je harmonický přechod, který končí na dominantě (D dur). Čtyři takty tvoří zakončení tématu opakováním stejné melodické linky. V dalších taktem orchestr ztlumí do pianu, hrají pouze smyčce s hobojem a společně tempově zpomalují. Zakončení je v pizzicato na dominantním akordu.

Od taktu 40 se v pianu opakuje téma ze začátku expozice, je ale přidán hoboje. Po čtyřech taktech nastupuje celý orchestr ve forte. V této části se objevují hlavně rozložené akordy a opakování téhož tónu. Tato pasáž má deset taktů a končí na akordu A dur. První housle decrescendují a v pianu začínají hrát první téma

expozice. Struktura je stejná. První takty jsou hrány v pianu, poté se přidává celý orchestr a končí na akordu D dur. Zde je prudká změna dynamiky z forte do pianu a začíná nové téma. Tónina zůstává, doprovodný hlas hraje smyčce a hoboje a melodickou linku vytváří první housle pomocí rychlými běhy. Tato pasáž, která začíná dynamickou změnou je novým tématem expozice. K prvním houslím se přidává flétna a zdvojuje melodickou linku. V taktu 75 se přidávají zbylé hlasy, dynamika je ve forte a přes harmonickou sekvenci D, B, Fis, G, A končí na akordu D dur. Zde začíná nové téma, které je v pianu. Předepsané tempo je dolce (měkce) a úvod hrají pouze smyčce. Skládá se z dvoutaktového opakujiícího se motivu a kadence ve třech taktech. Téma přebírají dechy, kteří na něj vytváří variace.

Konec pasáže tvoří nikoliv D dur, ale klamný závěr, postavený na tónu B. První hoboje hraje trilek, druhý hoboje společně s flétnou hrají mezivěti. Po dvou taktech se k nim připojí housle a viola a společně zakončí téma na tónu D. Nastupuje celý orchestr i s tympany ve forte, první housle přebírají melodii a zbytek hraje doprovod. Po dvou taktech, kdy první housle hrají melodii, má celý orchestr unisono, tedy hrají stejné noty. Jedná se o konec expozice, který je hrán v tónině D dur. Postupně však orchestr přejde do tóniny G dur, je zeslabení dynamiky a zvolnění tempa. Konec expozice je tvořen krátkými osminami ve všech nástrojích v tónině G dur. Poslední tón je doba čtvrtová, ovšem první housle pokračují v osminách a protože je na konci taktu repetice, vytvoří úvod na začátek expozice a celá část skladby se opakuje.

Provedení Jeho téma je velmi podobné prvnímu tématu. Jsou z něho vytrženy dva takty, které se opakují a vytváří se na ně variace. Z forte se zeslabí až do pianu a hraje se mezivěta na šesti taktech v C7. V taktu 124 je velká dynamická změna zpátky na forte. První housle hrají ve dvou taktech rozložený akord v A dur a poté Haydn harmonicky moduluje pomocí rozložených akordů a dynamických změn. D dur forte a piano, B dur forte a piano, G moll forte a piano.

Následuje chromatický sestup. Nejlépe je to vidět na basové lince, kde violoncello a kontrabas postupují od tónu A po půltónech až na tón fis. Zde je zahrána na sedmi taktech mezivěta ve Fis dur, což je dominanta pro B moll, ve kterém provedení pokračuje. Melodie se chytanou fagoty, druhé housle, viola a celo s basou a hrají v nižší poloze. (Housle začínají melodii na čtvrtém nejnižším tónu, který jsou schopny zahrát.) Dynamika klesá spolu s tempem a v závěru hrají pouze první a druhé housle. První housle hrají osminky na jednom tónu, které jsou typické pro tuhle skladbu. Od taktu 155 začíná motiv expozice a začíná třetí část repríza.

Repríza – v této závěrečné části jsou zopakována hlavní témata první věty. Repríza začíná na taktu 155. První housle spolu s flétnou hrají motiv expozice, druhé housle s hobojem hrají doprovod. Po čtyřech taktech nastupuje celý orchestr ve forte.

Basová linka je tvořena tónem G, který je držen po devět taktů. Zbytek orchestru nad ním střídá v krátkých intervalech toniku a dominantu. V následujících taktech je ale oproti expozici změna, protože téma se už dále neopakuje, ale nastupuje přehra a nástup druhého tématu expozice. Orchester hraje v pianu doprovod a první housle zahrají melodickou linku.

Na taktu 190 se k houslím přidává hoboj, zdvojuje melodickou linku a zahrane téma na dvou taktech zopakují. Jelikož se ale už jedná o variaci druhého tématu, housle dokola opakují hlavní melodii a orchestr, díky kadenci G, E Cis, skončí na tónu D. Melodii přebírají druhé housle. Přehrají další část prvního tématu expozice a následuje variace na toto téma. Bas drží po celou tuto dobu tón D. Po skončení variace hrají smyčce spolu s fagotem unisono. Po následující kadenci (takt 211-215) začínají na tónu G a v pianu lesní rohy. Na šestou dobu nastupují první housle s melodií. Jedná se o první téma expozice. Od taktu 223 toto téma zopakují dechy. Ty ale vytvoří vlastní závěr a po chromatickém stoupání skončí na tónu G. Do jejich závěru nastoupí na první dobu smyčce. Hrají druhé téma z části provedení. Na konci tématu je zvolnění tempa, přidávají se v pianu dechy a celou pasáž dohromady zopakují. Do jejich závěrečné noty nastupuje hoboj, který hraje na tónu G trilek a druhý hoboj společně s flétnou zahrají mezivětí. Přidají se k nim housle a viola celou pasáž zakončí.

Nastupuje celý orchestr ve forte a zde jsou již závěrečné formule. Začátek závěrečné pasáže je stejný jako začátek závěru v expozici. Dva takty jsou stejné a pak je vytvořen nový závěr, který je postavený na střídání toniky a dominanty. Celý orchestr hraje unisono a skladba končí na akordu G dur.

3 TECHNICKÁ ČÁST

3.1 Získávání hudební informace

V dnešní době je nejjednodušším způsobem, jak získat hudební informaci, zapnout rádio, počítač či mobil nebo televizi. Elektronická zařízení, která každý, alespoň jedno z nich, vlastní. Jedná se ale o hudební informaci doplňkovou, protože neslouží k tomu, aby člověka potěšila, nýbrž aby člověka zabavila. Někteří lidé si při příchodu z práce domů pustí okamžitě televizi jenom proto, že nedokáží být alespoň chvíli v klidu a tichu.

Opakem tohoto jsou divadla a koncerty. Sem lidé chodí, aby se zklidnili a hudbu si užili. Do začátku 20. století to byla jediná možnost, jak přijímat hudební informaci. Ovšem z příchodem záznamu zvuku a její následné reprodukce (fonograf, gramofon, mikrofon, reproduktor atd.) se nabízí možnost přehrát si hudbu prakticky kdykoliv a kdekoliv.

3.2 Parametrizace hudebního signálu

Hudební nahrávky se dají parametrizovat a rozdělují se podle několika aspektů. Jedním z nich je rozdělení do tří úrovní podle míry abstrakce. Nízká úroveň, do které se řadí například počet průchodů nulovou úrovní, kmitočtová oblast nebo obálka časového průběhu signálu. Tyto parametry jsou počítány přímo ze zvukové křivky a výsledkem jsou jednoduchá statistická shrnutí. Další úroveň je střední, která zahrnuje parametry co se týče rytmu a výše tónu. Zde dané parametry nabývají více hudebního významu. A poslední je vysoká úroveň. Tam patří melodie, akordy, rytmus a jiné, které popisují hudbu z pozice běžného posluchače [8, 9].

Podíl na parametrech zvuku má i obálka **ADSR**, která určuje jeho průběh v čase. Dá se popsat čtyřmi parametry:

Attack (náběh) - udává, za jakou dobu se signál dostane po zahrání tónu na maximální amplitudu

Decay (útlum) - značí dobu, za kterou se signál sníží z maxima na hodnotu sustain

Sustain (podržení) - značí velikost signálu, která se s časem nemění

Release (uvolnění) - je doba klesnutí hlasitosti po dohrání tónu

3.2.1 Nízkoúrovňové parametry

Obsahují parametry s nejnižší úrovní abstrakce. Jedná se o parametry:

- **Kmitočtová oblast**
 - *Šířka pásma* (BW) - jedná se o rozsah frekvencí signálu, které obsahují nejvyšší energii [10].
 - *Poměr energií pásem* (BER) - udává, jestli převažují v signálu kmitočty nízké, nebo vysoké [12].
- **Časová oblast**
 - *Počet průchodů nulovou úrovní* (ZCR) - udává počet, kolikrát signál protne časovou osu x.
 - *Efektivní hodnota signálu* (RMS) - měří velikost měnící se veličiny, čili intenzitu [31].

3.2.2 Středoúrovňové parametry

Do této skupiny parametrů spadají parametry vztahující se k výšce tónu a rytmu, viz např. metrum

3.2.3 Vysokoúrovňové parametry

V této kategorii najdeme parametry vztahující se k tónině, instrumentaci, melodii, tempu atd. viz např. hustota [11].

3.2.4 Dynamické parametry

- **Nízká energie** (low energy) - Energická křivka je použita k vyhodnocení časového rozdělení energie, aby se zjistilo, zda zůstává konstantní v celém signálu, nebo zda jsou některé rámce více kontrastní [13].
- **Efektivní hodnota signálu** (RMS) - jedná se o statistickou hodnotu, která měří velikost měnícího se signálu, v tomto případě zastupuje hlasitost, nebo změnu hlasitosti.

3.2.5 Rytmičné a tempové parametry

- **Čitelnost pulzů** (pulse clarity) - je zahrnována do vysokoúrovňových parametrů. Čitelnost pulzů vyjadřuje, jak snadno v daném hudebním díle nebo v určitém okamžiku této skladby dokáže posluchač vnímat základní rytmičnou nebo metrickou pulzaci [14].
- **Metrický centroid** (metric centroid) - u tohoto parametru se jedná o odhad metrické aktivity. Princip spočívá v porovnání vybraných metrických úrovní s centroidem. Tímto parametrem se dá např. zobrazit vývoj tempa v čase. Čím vyšší hodnoty, tím je skladba více rytmičtější [15, 24].

- **Metrum** (metrical structure) - na základě taktu (podle principu přízvučnosti a nepřízvučnosti dob) určuje rytmus skladby [15].
- **Tempo** (tempo) - udává počet hudebních not za jednotku času, tedy rychlost hry. V notovém zápisu se označuje buď slovem, číslem nebo jejich kombinací. Číselné označení má jednotku „bpm“ (beat per minute) a slovní označení vycházejí z italských názvosloví [28].
- **Hustota** (density) - spočívá v množství zahraných not za sekundu [16]. Neznamená to ale, že čím větší hustota, tím je skladba rychlejší. Záleží na stylu skladby a hlavně tempovému předznačení. V jednom hudebním stylu může být čtvrtová doba stejně rychlá, jako v jiném stylu doba osminová [26, 29].
- **Spektrum úderů** (beat spectrum) - vyznačuje se hlavně tempem a rytmem popisující skladbu. Počítá se z časové oblasti a nejvíce se uplatňuje ve skladbách se složitým rytmickým členěním.
- **Fluktuace** (fluctuation) - na základě spektrogramu je vypočítán odhad spektra pro každé pásmo. Jedná se tedy o odhad rytmické struktury ve skladbě [25, 27].
- **Průchod nulou** (Zero crossing) - jedná se o počet průchodů signálu nulou. Nulové přechody jsou užitečné například pro detekci množství šumu v signále [13].

3.2.6 Intenzita

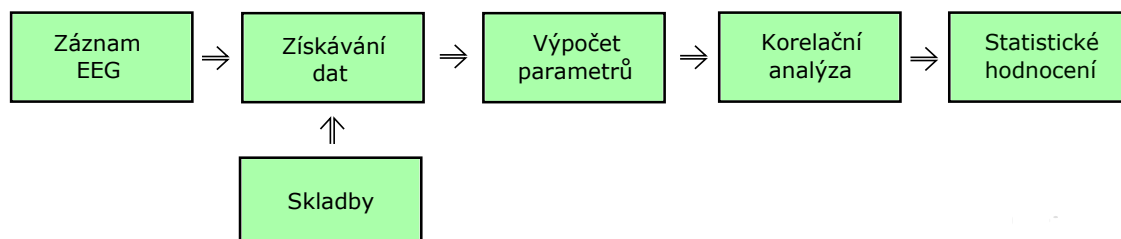
- **Sklon náběhu** (attack slope)- na základě výpočtů dokáže parametr představovat průměrný sklon náběhu. Pro výpočet se používá Gaussova funkce s odchylkou 0,5 [18].
- **Sklon poklesu** (decrease slope) - dá se říci, že se jedná o parametr Attack slope, který ale popisuje release. Výsledkem je popis délky dozívání zvukových událostí [18, 30].

3.2.7 Barva zvuku

- **Doba náběhu** (attack time) - doba, za kterou se signál dostane na maximální amplitudu po zmáčknutí klávesy viz 3.2
- **Doba útlumu** (decay time) - doba, za kterou signál klesne z maxima na hodnotu sustain viz. 3.2
- **Doba trvání noty** (note duration) - tento parametr se zabývá celou zahranou notou, tedy obálka ADSR. Ve skladbě noty na sebe navazují a překrývají se, tudíž je nemožné slyšet celou obálku konkrétního tónu. Tímto parametrem je tedy zachycována pouze vnímaná délka tónu [17].

4 VYHODNOCOVACÍ SYSTÉM

Princip spočívá v tom, vyhodnotit na základě mého rozboru a dat získaných od pacientů, jaká část skladby a proč na ně kladně působí.



Obr. 4.1: Návrh vyhodnovacího systému

4.1 Záznam EEG

Pacientům se na hlavu naaplikovali elektrody, které snímají aktivitu v mozku. Po každé, když mozek zachytí zajímavou informaci, vytvoří výboj. A tyto výboje elektrody snímaly. Podle počtu výboju se pak dá určit, jak moc daná skladba na určitého člověka působila.

Průběh měření probíhal takto: po aplikaci elektrod byl pacient v klidu patnáct minut, v místnosti, kde byl sám. Po uplynutí této doby si pacient poslechl skladbu od Mozarta. Pak následovali dvě klidové, patnáctiminutové pauzy. Jedna byla k zamýšlení se nad skladbou, kterou pacient slyšel a druhá byla přípravná na další skladbu. To byla první věta od Haydna. A po skončení byla znovu patnáctiminutová pauza. Celé měření tedy trvalo zhruba 78 minut. Po tuto dobu se zaznamenávaly a zapisovaly výboje.

U čtyřech pacientů se prohodilo pořadí skladeb. Po prvním patnáctiminutovém klidu se pustil nejdříve Haydn a jako druhá skladba zazněl Mozart.

4.1.1 Pacienti

Měření EEG se provádělo v nemocnici U Svaté Anny v Brně na neurologické klinice. Každý z pacientů se měření podstoupil dobrovolně. Není mezi nimi žádná spojitost, jako například rodinní příslušníci, nebo známí. Jednalo se čistě o jejich dobrou vůli, že měření podstoupili a poskytli tak data k výzkumu.

Tab. 4.1: Informace o pacientech

| | IQ | MQ | Poslouchání vážné hudby | Hudební zaměření |
|---------------------------------|-----------|-----------|--------------------------------|-------------------------|
| Pacient č.1 | 84 | 81 | neposlouchá | - |
| Pacient č.2 | 102 | 103 | vadí | rock |
| Pacient č.3 | 93 | 78 | - | - |
| Pacient č.4 | 87 | 63 | neposlouchá | - |
| Pacient č.5 | 95 | 103 | neposlouchá | - |
| Pacient č.6 | 102 | 79 | neposlouchá | radio |
| Pacient č.7 | 89 | 94 | neposlouchá | house |
| Pacient č.8 | 97 | 76 | neposlouchá | radio |
| Pacientka č.1 | 90 | 87 | vadí | pop |
| Pacientka č.2 | 95 | 107 | neposlouchá | lidová hudba |
| Pacientka č.3 | 85 | 96 | neposlouchá | - |
| Pacientka č.4 | 89 | 101 | posloucá | klasika |
| Pacientka č.5 | 108 | 90 | neposlouchá | - |
| Pacientka č.6 | 106 | 81 | neposlouchá | - |
| Poslech v opačném pořadí | | | | |
| Pacientka č.7 | 97 | 107 | neposlouchá | - |
| Pacientka č.8 | 89 | 119 | nepřavidelně | - |
| Pacientka č.9 | 71 | 82 | neposlouchá | 80. léta |

4.2 Skladby

Co se týče vybraných skladeb, jedná se o klavírní sonátu D dur od Mozarta - Allegro con spirito, viz. 2.2 a první větu symfonie G dur, S úderem kotlů, od Josepha Haydna viz. 2.3. V těchto odkazovaných kapitolách je rozepsaný rozbor skladeb.

Mozartova sonáta č. 448 je vybrána z důvodu jasné a přehledné struktury tématu, který je lehce zapamatovatelný. I laik, který vážnou hudbu neposlouchá, si dokáže hlavní téma udržet v hlavě a při trochu soustředění najít dané téma v té části skladby, kdy se znovu objeví. Ale aby se dali změřené výsledky také porovnat, pouští se pacientům navíc první věta Haydnovi symfonie. Tento pokus má dokázat nejen to, že hudba dokáže lidi zaujmout a uklidňovat, ale také že právě na Mozartovu hudbu lidi více reagují.

Podle zadání mé diplomové práce jsem v obou skladbách vybral dvě místa ve kterých se bude provádět vyhodnocování výbojů. Tyto pasáže jsou zhruba minutu dlouhé a vůči sobě dynamicky a tempově rozdílné. U Mozarta jsem jako první část vybral hlavní téma. Obsahem zájmu bylo, jak na hlavní skladatelovu myšlenku paci-

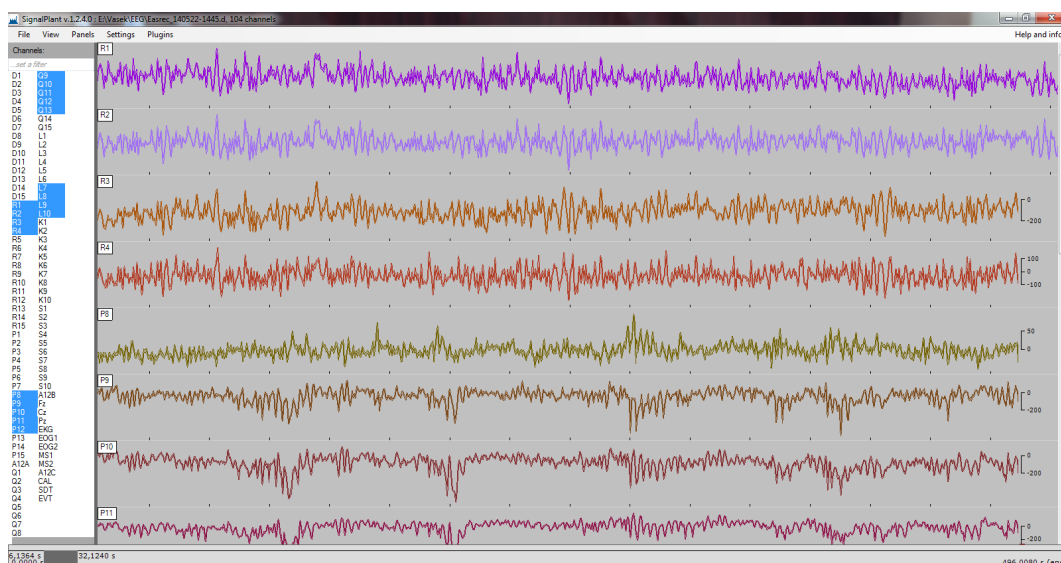
enti reagují. Druhá část je dynamicky slabší vůči první a trochu tempově pomalejší. U Haydna jsem jako první část také vybral hlavní téma ze stejného důvodu jako u Mozarta. Druhá část je závěrečná část skladby, je dynamicky silnější a obsahuje více dynamických změn oproti první části.

4.3 Získávání dat

Na toto měření se vybralo 17 pacientů s epilepsií. 8 mužů a 9 žen. Pacienti mezi sebou nemají žádnou souvislost. Nejsou to rodinný příbuzní, své koníčky a zájmy mají úplně jiné. Nikdo z nich neposlouchá pravidelně vážnou hudbu a nemají hudební vzdělání. Nejčastěji poslouchají rádio, ale s vážnou hudbou problém nemají. Pouze dva pacienti poslouchají novodobější hudbu (rock, pop) a vážná hudba jim vysloveně vadí. Rozsah inteligenčního kvocientu u pacientů je od 84 do 108. Rozsah memory kvocientu je od 63 do 107. U 14 pacientů, viz. tabulka 4.1 se nejdříve pouští Mozart a jako druhá skladba Haydn. U posledních třech pacientů se pořadí skladeb obrátí.

4.3.1 Zpracování dat - Signalplant

Naměřená data jsem zpracoval a přepsal v programu **Signalplant** [19] do souboru .csv. Tento formát pak umožňuje otevření souboru jak v editačním programu, tak i například v Matlabu. Celkový počet měřících elektrod na pacientovi je přes sto. Každý pacient měl jiný počet elektrod, ale vždycky jich bylo více jak sto. Pro mě by bylo však zbytečné získávat data z každé z nich, proto jsem při přepisu souboru vybral pouze část elektrod, které určil doktor.

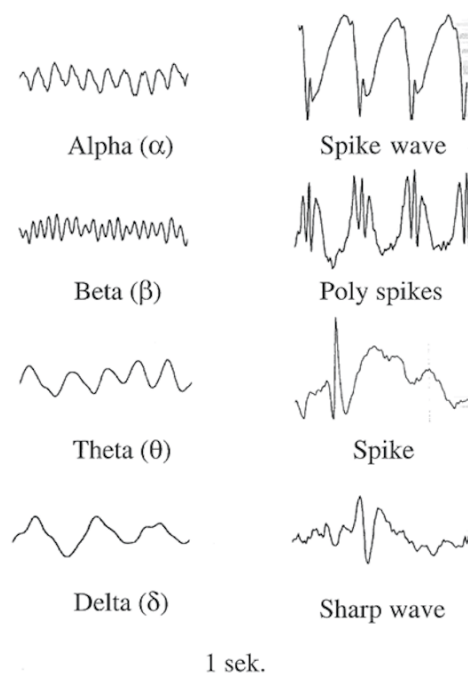


Obr. 4.2: Zobrazení elektrod v programu Signalplant

Při měření se zaznamenávali hodnoty v jednotlivé elektrodě v každé setině záznamu a to dokonce pět hodnot pro daný čas. Za jednu vteřinu bylo tedy nasnímáno pět set vzorků v každé elektrodě. Při osmiminutové skladbě a více jak sto elektrod se tedy jedná o vsutku obrovské soubory.

4.3.2 Zpracování dat - Matlab

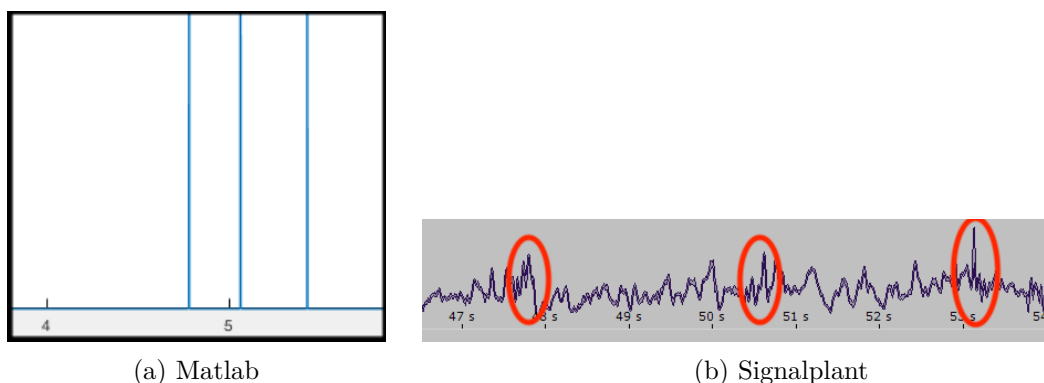
Úkol, který byl zadán, bylo vybrat ve skladbách dva vzájemně kontrastní úseky s přibližnou délkou kolem minuty, poté hledat v těchto pasážích výboje v zaznamenaných datech a podle času nahrávky a času záznamu vyhodnotit podle rozboru skladby dané aspekty. V programu **Matlab** [20] jsem vygeneroval změřené hodnoty podle potřeby. Pro každou pasáž ve skladbě jsem si do textového souboru vypsál hodnoty elektrod, které byly zadány neurologovým specialistou. Pro každou setinu záznamu bylo zapsáno pět hodnot, což je vzhledem k výsledné velikosti souboru zbytečně moc. Proto jsem vybral vždy první hodnotu z pěti. Z každé setiny jsem následně vypočítal jejich energii, abych dokázal správně vyhodnotit výboj. Epileptický výboj poznáme jako hroty, ostré vlny, hrot-vlna komplexy a polyspike (několik hrotů za sebou). Výboj (spike) je ostrý hrot v trvání od 20-70 ms a ostrá vlna (sharp wave) trvá od 80-200 ms [21].



Obr. 4.3: Epileptické výboje podle tvaru [22]

V praxi to funguje tak, že Matlab sleduje zapsaná čísla v textovém souboru. Pokud narazí v čase na číslo, které je vyšší jak zadaná hodnota enerie (mezní hodnota, při které je možné zaznamenat výboj), zapamatuje si ho. A jestliže jsou následující hodnoty stále vyšší nebo stejné po dobu 20-70 ms, jak zadaná hodnota energie, vyhodnotí to jako epileptický výboj a vynese ho do grafu.

Protože není při vyhodnocování důležitá velikost výboje, pouze jeho délka, Matlab zapíše výboj s hodnotou 1 a všechny ostatní hodnoty jako 0. Je tedy přehlednější a přesnější, než kdybych musel hodnoty vlastnoručně hledat v originálním záznamu.



Obr. 4.4: Detekce výbojů

4.4 Výpočet parametrů

V této části řetězce jsem se zaměřil na parametrizaci signálu. Vybral jsem si čtyři kategorie, ze kterých jsem vybral dva parametry, které spadali do dané kategorie a vypočítal pro ně konkrétní hodnoty. Výpočet jsem prováděl v programu Matlab, ve kterém jsem použil Mirtoolbox [23], který je pro taková měření naprogramován.

Pro každý parametr jsem vypočítal hodnotu Mean – hlavní hodnota, Std – směrodatná odchylka a Slope – trend směrnice křivky.

Rytmický parametr - zde jsem vybral parametr Tempo, abych zjistil konkrétní tempo v každé části skladby. Parametr Beat spectrum udává zpoždění dob od pravidelného tempa.

Dynamický parametr - hodnota RMS měří velikost měnící se veličiny, můžeme tedy vyčíst změnu dynamiky. HFE parametr určuje množství vysokých frekvencí.

Intenzita - do této katagorie jsem vybral attack slope a decay slope, strmost náběhu a poklesu signálu

Barva zvuku - attack time a decay time představují první a poslední fázi obálky ADSR, tedy rychlost náběhu a poklesu signálu

Tab. 4.2: Hodnoty parametrů

| Parametr | Mozart úvod | Mozart dolce | Haydn úvod | Haydn závěr |
|---|-------------|--------------|------------|-------------|
| Rytmické parametry | | | | |
| Tempo (Mean) | 122,57 | 116,74 | 94,15 | 104,80 |
| Tempo (Std) | 22,72 | 24,98 | 21,48 | 35,62 |
| Tempo (Slope) | -0,0048 | 0,0273 | -0,0233 | 0,0061 |
| BS (Mean) | 0,0167 | 0,0023 | 0,0520 | 0,0406 |
| BS (Std) | 0,0239 | 0,0325 | 0,0222 | 0,0179 |
| BS (Slope) | -0,4060 | -0,5622 | -0,7781 | 0,7300 |
| Dynamické parametry | | | | |
| RMS (Mean) | 0,0639 | 0,0558 | 0,0810 | 0,0508 |
| RMS (Std) | 0,0350 | 0,0429 | 0,0551 | 0,0388 |
| RMS (Slope) | 0,2923 | -0,1037 | 0,1250 | 0,4677 |
| HFE (Mean) | 1315,7 | 1229,0 | 3702,6 | 3095,7 |
| HFE (Std) | 227,5 | 279,3 | 1944,6 | 1499,3 |
| HFE (Slope) | -0,1062 | 0,0886 | 0,0276 | -0,0188 |
| Parametry popisující intenzitu | | | | |
| AS(Mean) | 2,9702 | 3,7758 | 2,8773 | 2,1829 |
| AS(Std) | 2,9635 | 4,3335 | 2,4489 | 2,0485 |
| AS(Slope) | 0,1267 | 0,1353 | 0,1349 | 0,6855 |
| DS(Mean) | -1,8701 | -1,7803 | -1,9054 | -1,4174 |
| DS(Std) | 2,0544 | 2,5038 | 1,7849 | 1,5260 |
| DS(Slope) | -0,1223 | -0,1974 | -0,4144 | -0,2486 |
| Parametry popisující barvu zvuku | | | | |
| AT(Mean) | 0,0206 | 0,1095 | 0,1343 | 0,0842 |
| AT(Std) | 0,0599 | 0,4841 | 0,7248 | 0,1378 |
| AT(Slope) | -0,1081 | 0,0748 | -0,0430 | -0,3491 |
| DT(Mean) | 0,0715 | 0,1134 | 0,0839 | 0,1393 |
| DT(Std) | 0,1259 | 0,2630 | 0,1965 | 0,1840 |
| DT(Slope) | -0,2189 | -0,0341 | -0,0678 | -0,2959 |

Tempo - udává tempo vybraného úseku, SF - spectral flux,

RMS - efektivní hodnota, HFE - high-frequenci energy, AS - Attack slope, DS -

Decay slope, AT - Attack time, DT - Decay time

5 KORELAČNÍ ANALÝZA A STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ

Korelace znázorňuje statistickou závislost dvou kvantitavních veličin. To znamená, že měří vzájemný vztah dvou proměnných. A jestliže utčité hodnoty jedné proměnné mají tendenci se vyskytovat společně s určitými hodnotami druhé proměnné, jsou tyto dvě proměnné korelované [32].

5.1 Pearsonův korelační koeficient

Pearsonův korelační koeficient je statistický ukazatel síly lineárního vztahu mezi párovými daty. Jedná se o výběrový korelační koeficient a je využíván nejčastěji [33]. Tento koeficient nabývá hodnot od -1 do 1 a platí, že čím víc se číslo blíže 1 respektive -1, tím je korelace silnější.

Jsou tři typy korelace, které se dělí podle toho, zda-li proměná Y roste, klesá, popřípadě nemění svou hodnotu, zatímco proměná X roste:

- Kladná korelace - proměná Y roste s rostoucí proměnou X
- Záporná korelace - proměná Y klesá s rostoucí proměnou X
- Nulová korelace - proměná Y nemění svou hodnotu s rostoucí proměnou X

Vzorec Pearsnova korelačního koeficientu [34]:

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}}. \quad (5.1)$$

Jako silná korelace se udává hodnota $r > 0,80$.

5.2 Korelace s rytmickými parametry

Podle tabulky 5.1 lze vyčíst, že na rytmické parametry více reagují ženy. Všechny jejich hodnoty, až na Tempo(Slope) dosahují vysoké korelace. Silné korelace jsou zaznamenány dvě, přičemž jedna má hodnotu bezmála -1, tedy nejvyšší možná hodnota. Jedná se o parametr Beat spectrum (Slope), což znamená, že trend směrnice křivky díky záporné korelaci klesá. Můžeme říci, že čím více je ve skladbách pozvolná změna tempa, například koruna, tím více roste epileptiformní aktivita. Druhá silná korelace, taktéž záporná, je u parametru Tempo (Mean). Podle tabulky 4.2 tempo ve skladbách klesá, sice závěr skladby je rychlejší než úvod, ale i tak je závěrečné tempo menší než u Mozarta. A protože se jedná o zápornou korelaci, tak se snižujícím tempem roste počet výbojů u pacientek.

U mužů je jediná silná korelace u parametru Tempo (Std). Jedná se o směrodatnou odchylku Tempa a korelace je záporná, tudíž můžeme říct, že s větším počtem náhlých tempových změn klesá epileptiformní aktivita. Je také zajímavé, že u parametru BS (Slope), kde měly ženy korelační koeficient téměř jedna, je u mužů hodnota takřka nulová, tedy úplně opačná reakce.

Tab. 5.1: Rytmický parametr

| | Muži | Ženy |
|--------------|----------------|----------------|
| Tempo(Mean) | -0,2663 | -0,9125 |
| Tempo(Std) | -0,8950 | 0,4419 |
| Tempo(Slope) | -0,7345 | -0,2260 |
| BS(Mean) | 0,2785 | 0,7417 |
| BS(Std) | 0,0906 | -0,4503 |
| BS(Slope) | 0,0091 | -0,9919 |

U rytmických parametrů jsou tedy citlivější ženy. Lépe vnímají hlavní dobu a stálé tempo. Je pro ně lepší klidná hudba, než tempové změny.

5.3 Korelace s dynamickými parametry

Díky parametru RMS, který sleduje a měří velikost signálu, můžeme odhadnout dynamiku, tedy hlasitost v daném úseku skladby. A díky parametru HFE (High-frequency energy), který dokáže odhadnout množství vysokých frekvencí v signálu, jsme schopni určit, že hraje melodii například flétna. Ta, spolu s vícero dechovými nástroji v orchestru, představují jemný a melodický zvuk.

V tabulce 5.2 můžeme vidět, že na parametr RMS reagují pouze muži, kdežto ženy mají silnou korelaci u parametru HFE. Ta obsahuje výše zmíněné vysoké frekvence. HFE(Mean) představuje počet vysokých frekvencí nad nastavenou hodnotou a HFE(Std) představuje náhlé změny mezi těmito frekvencemi, například v orchestru dohrála flétna sólo, nebo klavír zahrál ve čtyřčárkové poloze trilek. Parametr RMS(Mean), na který reagovali muži, představuje velikost měnícího se signálu.

Tab. 5.2: Dynamický parametr

| | Muži | Ženy |
|------------|---------------|---------------|
| RMS(Mean) | 0,9628 | 0,1322 |
| RMS(Std) | 0,6071 | 0,6369 |
| RMS(Slope) | -0,3351 | 0,1502 |
| HFE(Mean) | 0,1965 | 0,8743 |
| HFE(Std) | 0,1911 | 0,8946 |
| HFE(Slope) | -0,0874 | 0,497 |

Podle tabulky 4.2 lze vyčíst, že RMS hodnota se o moc nemění, dynamické rozdíly mezi sebou nejsou nijak velké. A protože se jedná o kladnou korelaci, můžeme říct, že muži reagují na stálou dynamiku ve skladbě. U parametru HFE není zaznamenána žádná silnější korelace. Ta je zaznamenána u žen a to rovnou ve dvou případech. Díky parametru HFE(Mean) víme, že ženy mají kladnou korelaci na vysoké frekvence, tedy v případě našich nahrávek reagují na trilký a sóla hraná na hoboj nebo klarinet. Parametr HFE(Std) představuje rychlé změny mezi těmito frekvencemi. Tedy například konec sóla klarinetu a nástup orchestru, nebo naopak.

5.4 Korelace s parametry intenzity

Parametry intenzity souvisí stejně jako dynamické parametry s hlasitostí zvuku. U dynamických parametrů je však hlasitost brána jako celek, například hodnota RMS. Parametry intenzity zvuku však zkoumají „hlasitost“ jednotlivých tónů ve skladbě.

Parametr Attack slope (AS) vyjadřuje průměrnou strmost signálu ve fázi attack. Naproti tomu parametr Decay slope (DS) určuje rychlost poklesu signálu ve fázi release, viz. 3.2

Tab. 5.3: Intenzita

| | Muži | Ženy |
|-----------|----------------|----------------|
| AS(Mean) | 0,2529 | -0,4599 |
| AS(Std) | -0,0219 | -0,4943 |
| AS(Slope) | -0,7749 | 0,5325 |
| DS(Mean) | -0,8973 | 0,4526 |
| DS(Std) | 0,1012 | -0,5924 |
| DS(Slope) | -0,4401 | -0,8292 |

Je docela zajímavé, že pacienti nereagují na rychlost náběhu počátečního tónu. Čím větší rychlost náběhu, tím je tón ostřejší, intenzivnější. Jedno vyšší číslo je u parametru AS(Slope) u mužů, není to ale hodnota větší jak 0,80 a nemůžeme ji tedy považovat za silnou korelaci.

Podle tabulky 5.3 reagují pacienti pouze na parametr Decay slope. U mužů je korelace záporná. Parametr DS(Mean) říká, že s klesajícím počtem epileptických výbojů roste rychlost klesání zvuku. Tedy, skladba by měla být rychlá a temperamentní. U klavírní sonáty jsou typickým příkladem šestnáctinové noty v obou klavírech. Druhý případ korelace je parametr DS(Slope) u žen. A protože je korelace záporná, trend směrnice křivky klesá.

5.5 Korelace s parametry barvy zvuku

Podle barvy zvuku dokážeme rozlišit dva jiné nástroje hrající stejný tón. Každý nástroj má své charakteristické zabarvení. Například houslím vytváří jejich specifický tón určitý počet harmonických.

Nejdůležitějším poznávacím znakem nástroje je v amplitudové obálce fáze attack. Například poslechneme-li si zvuk houslí až od fáze sustain, je velice těžké nástroj rozeznat od flétny. Bez prezenze typických parazitních jevů při rozkmitávání struny smyčcem, které se nacházejí ve fázi attack, je rozpoznání velice složité.

Tab. 5.4: Barva zvuku

| | Muži | Ženy |
|-----------|---------------|---------|
| AT(Mean) | 0,1623 | 0,7892 |
| AT(Std) | 0,5574 | 0,5072 |
| AT(Slope) | 0,5314 | -0,3462 |
| DT(Mean) | 0,8827 | 0,5682 |
| DT(Std) | -0,2286 | 0,3853 |
| DT(Slope) | 0,5199 | 0,0263 |

Podle tabulky 5.4 však pacienti nekorelují s parametrem attack time. Souvisí to však s parametrem attack slope. Protože rychlost náběhu signálu je spojený s jeho časovou délkou. Jediná silná korelace je zaznamenaná u mužů a to u parametru Decay time a jedná se o kladnou korelaci. To znamená, že s klesajícím počtem epileptických výbojů klesá zároveň délka poklesu signálu. Což je zároveň spjato s parametrem DS(Mean), protože čím je rychlost poklesu signálu větší, tím je jeho čas kratší.

6 ZÁVĚR

Tato práce se zabývá Akustickou analýzou Mozartova efektu a jeho působení u pacientů s epilepsií. V první kapitole diplomové práce je popsáno neurodegenerativní onemocnění z důvodu obeznámení s problematikou. Do této skupiny onemocnění patří mimo jiné i Alzheimerova nebo Parkinsonova nemoc. Dále je v této kapitole popsáno epileptické onemocnění, jeho příznaky a stupně závažnosti. Zakončení této kapitoly tvoří pojednání o Mozartovém efektu, kde vznikl a proč a jak se Mozartova hudba liší od ostatních skladatelů.

V druhé kapitole byl proveden samotný rozbor skladeb. V úvodu této kapitoly je seznámení s hudební teorií a se sonátovou formou. Po ní následuje rozbor Mozartovy sonáty D dur pro dva klavíry, který je proveden velice pečlivě. Závěr kapitoly tvoří rozbor Haydnovy šesté symfonie, tedy G dur - S úderem kotlů, první věta.

V následující třetí kapitole byla shrnuta technická část. Je v ní uvedeno, jak se získává hudební informace a podstatná část kapitoly informuje o parametrizaci hudebního signálu. Ta je rozdělena na tři skupiny. Nízkoúrovňové, středoúrovňové a vysokoúrovňové parametry. Následně jsou vybrány a popsány konkrétní parametry, které do těchto skupin patří, včetně obálky ADSR.

Čtvrtá kapitola byla zaměřena na vyhodnocovací systém včetně blokového schématu, ve kterém jsou popsány samotné kroky zpracování dat. Je zde využito získaných materiálů společně s novými získanými daty z prostředí Matlab. V tomto programu je také provedena korelační analýza. Mimo jiné je zde popsán záznam a samotný průběh měření EEG dat a také potřebné informace o pacientech, kteří měření podstoupili.

Závěrečná kapitola pojednává o výsledné korelační analýze a samotném statistickém vyhodnocení. Je zde popsán Pearsonův korelační koeficient a následně jsou rozebrány konkrétní výsledky samotných dílčích parametrů.

V seznamu příloh je také zapsána analýza samotných výbojů, jejich přesný čas a díky rozboru skladeb nalezení příčiny výboje, tedy co přesně se v daný okamžik hrálo v partituře.

V rámci této práce byly nalezeny parametry, které nejvíce korelují s epileptiformní aktivitou. Podle získaných výsledků je zřejmé, že muži a ženy reagují na odlišné parametry. Co se týče skupiny, do které parametry spadají, téměř vždy byla zamenána silná korelace, avšak nikdy u stejného konkrétního parametru.

Na rytmické parametry reagují více ženy. Lépe cítí a vnímají hlavní dobu a tempo. U dynamických parametrů prokazatelně vnímají vyšší frekvence. Ty v případě našich vybraných skladbách vytvářeli jemné dechové nástroje nebo ozdoby v klavírní sonátě. V případě parametru intenzity ženy reagují na nižší intenzitu ve skladbě. Na základě všech těchto parametrů, které jsou vyhodnoceny, reagují ženy na jemné

klidné a stále tempo s jasnou melodií.

U mužů byla zaznamenána korelace u rytmických parametrů pouze při změně tempa. Tabulka udává, že čím více má skladba rytmických změn, tím více klesá epileptiformní aktivita. Díky dynamickým parametrům víme, že muži reagují na stálou dynamiku ve skladbě, ale zároveň nereagují na vysoké frekvence. Tedy nezáleží na tom, jestli hraje hoboj sólo, nebo hraje celý orchestr, důležitá je stálá dynamika. Určení přesného místa nám prozradí parametr intenzity a barvy zvuku. Podle tabulky muži reagují na krátké dozvuky not. Ty v případě Mozarta najdeme například v rozložených stupnicích či akordech. Podle těchto všech informací potlačují u mužů epileptiformní aktivitu rychle hrané tóny ve stálé dynamice.

V případě dalšího podrobnější pokračování ve výzkumu by bylo vhodné zaměřit pozornost na kratší dílčí úseky ve skladbách. Podle získaných výsledků vybrat pro muže kratší skladbu s konstantní dynamikou a s rytmickými změnami a na základě struktury harmonie ve skladbě změřit epileptiformní aktivitu. Zaměřit se více podrobně, jaké melodické a harmonické kroky obsahuje Mozartova hudba oproti Haydnové a na základě této analýzy definovat konkrétní hudební změny, které potlačují epileptiformní aktivitu. V ideálním případě by pak bylo možné „složit“ skladbu zvlášť pro muže a ženy, které by obsahovali pouze ty parametry, které korelují s epileptiformní aktivitou.

LITERATURA

- [1] NEURODEGENERATIVNÍ ONEMOCNĚNÍ *Neurodegenerativní onemocnění* [online]. 2004, [cit. 1. 12. 2017]. Dostupné z URL: <https://wikisofia.cz/wiki/Neurodegenerativn%C3%AD_onemocn%C3%AD>.
- [2] RUSINA, ROBERT a kolektiv *Neurodegenerativní onemocnění* 2004 Robert Rusina a kol.
- [3] HADAČ, J. Epilepsie - základy diagnostických a léčebných postupů. In Pfizer Praha. *Klinické zkušenosti s přípravkem Neurotin* 2003, s. 7-23. ISBN 80-7345-006-2
- [4] Kittnar, O. a kolektiv *Lékařská fyziologie* 1. vydání Praha: Grada Publishing, a.s., 2011. 800 s. ISBN 978-80-247-3068-4
- [5] FABER, J. *Epilepsie a epileptózy* 1995, Maxdorf-Jesenius, Praha
- [6] CAMPBELL, D. *Mozartův efekt* 1. vydání Praha: Eminent, 2001. 271 s. ISBN 978-80-7281-336-0
- [7] MALIK, NORBERT R. *Malá encyklopedie hudby* 1993 doc. dr. Jaroslav Smolka, CSc.
- [8] WRIGHT, M. *The Shape of an Instant: Measuring and Modeling Perceptual Attack Time with Probability Density Functions* [online] Disertace. Stanford University, Stanford, 2008 [cit. 14.5.2018]. Dostupné z URL: <<https://ccrma.stanford.edu/~matt/diss/Matthew-Wright-Dissertation.pdf>>.
- [9] YAMADA, M.; MATSUO, A. *Development of rhythm practice supporting system with real-time onset detection* [online] 2015 International Conference on Advances in Electrical Engineering (ICAEE), Dhaka, Bangladesh, 2015 [cit. 14.5.2018]. Dostupné z URL: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/7506819/>>.
- [10] LERCH, A.; EISENBERG, G. TANGHE, K. FEAPI: *A low level feature extraction plugin api* [online] proceedings of the International Conference on Digital Audio Effects, 2005, s. 1-4 [cit. 13.3.2018]. Dostupné z URL: <http://feapi.sourceforge.net/DAFx05_FEAPI_A_Low_Level_Feature_Extraction_Plugin_API.pdf>.
- [11] TZANETAKIS, G.; ESSL, G. *Automatic Musical Genre Classification Of Audio Signals* [online] IEEE Transactions on Speech and Audio Processing,

- 2001 [cit. 14.5.2018]. Dostupné z URL: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.24.6377>>.
- [12] KNESS, P., SCHEDL, M. *Music Similarity and Retrieval: An Introduction to Audio- and Web-based Strategies*. Department of Computational Perception, Johannes Kepler University, Linz. Springer, 2016. ISBN 978-3-662-49722-7
- [13] TZANETAKIS, G.; ESSL, G. *Automatic Musical Genre Classification Of Audio Signals [online]* IEEE Transactions on Speech and Audio Processing, 2001, s. 293-302 [cit. 13.3.2018]. Dostupné z URL: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.24.6377>>.
- [14] LARTILLOT, O.; EEROLA, T.; TOIVIAINEN, O.; FORNARI, J. *Multi-feature modeling of pulse clarity: Design, validation, and optimization [online]* International Conference on Music Information Retrieval, Philadelphia, 2008, s. 521-526 [cit. 13.3.2018]. Dostupné z URL: <http://ismir2008.ismir.net/papers/ISMIR2008_145.pdf>.
- [15] LARTILLOT, O.; CEREGHETTI, D.; ELIARD, K.; TROST, W. J.; RAPPAZ, M.-A.; GRANDJEAN, D. *Estimating tempo and metrical features by tracking the whole metrical hierarchy [online]* 3rd International Conference on Music and Emotion, Jyväskylä, 2013 [cit. 13.3.2018]. Dostupné z URL: <<https://jyx.jyu.fi/dspace/handle/123456789/41612>>.
- [16] LARTILLOT, O. *Mitempo: Tempo estimation through advanced frame-by-frame peaks tracking [online]* Music Information Retrieval Evaluation Exchange (Mirex 2010), 2010, s. 1-2 [cit. 13.3.2018]. Dostupné z URL: <<http://www.music-ir.org/mirex/abstracts/2010/OL1.pdf>>.
- [17] PEETERS, G.; *A large set of audio features for sound description (similarity and classification) [online]* J. Acoust. Soc. Am., svazek 130, č. 5, 2011, s. 2902-2916 [cit. 13.3.2018]. Dostupné z URL: <https://www.mcgill.ca/mpcl/files/mpcl/peeters_2011_jasa.pdf>.
- [18] PEETERS, G.; *A large set of audio features for sound description (similarity and classification) [online]* CUIDADO project, 2003, s. 1-25 [cit. 13.3.2018]. Dostupné z URL: <http://recherche.ircam.fr/anasymp/peeters/ARTICLES/Peeters_2003_cuidadoaudiofeatures.pdf>.
- [19] F. Plesinger, J. Jurco, J. Halamek, and P. Jurak; “SignalPlant: an open signal processing software platform,” *Physiol. Meas.*, vol. 37, no. 7, pp. N38–N48, 2016 [cit. 13.8.2018]. Dostupné z URL: <<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0967-3334/37/7/N38/pdf>>.

- [20] MATLAB; *MATLAB and Statistics Toolbox Release 2012b*, The MathWorks, Inc., Natick, Massachusetts, United States [cit. 13.8.2018]. Dostupné z URL: <<https://www.mathworks.com/products/matlab.html>>.
- [21] RIPPER, ZY; *EEG forms in epileptic patients [online]* Linkedl Corporation, 2018, [cit. 14.5.2018]. Dostupné z URL: <<https://www.slideshare.net/zhanyan94/eeg-epilepsy>>.
- [22] Jager, V; *Hochauflösendes EEG und hochauflösendes fMRT verbessern die Diagnostik fokaler Epilepsien [online]* der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau, 2015, [cit. 10.8.2018]. Dostupné z URL: <<https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=2ahUKEwihoNCf8-HcAhVKZlAKHS0nBSkQ5TV6BAgBEAs&url=https%3A%2F%2Ffreidok.uni-freiburg.de%2Fdnb%2Fdownload%2F10427&psig=A0vVaw1Spl6Jh040kqJ-r1t5Z0cX&ust=1533970409222018>>.
- [23] Olivier Lartillot, Petri Toivainen; *"A Matlab Toolbox for Musical Feature Extraction From Audio"* International Conference on Digital Audio Effects, Bordeaux, 2007, [cit. 13.8.2018]. Dostupné z URL: <<https://www.jyu.fi/hytk/fi/laitokset/mutku/en/research/materials/mirtoolbox>>.
- [24] SCHUBERT, E.; WOLFE, J.; TARNOPOLSKY, A. A. *Spectral Centroid and Timbre in Complex, Multiple Instrumental Textures [online]* 8th Music Perception and Cognition, ICMMP8 1st Evanston, IL, 2004 [cit. 14.5.2018]. Dostupné z URL: <<http://www.citeulike.org/user/lerch/article/7168663>>.
- [25] RAWLINSON, H.; SEGAL, N.; FIALA, J. *Meyda: an audio feature extraction library for the web audio api [online]* Web Audio Conference, 2015 [cit. 14.5.2018]. Dostupné z URL: <http://doc.gold.ac.uk/~mu202hr/publications/RawlinsonSegalFiala_WAC2015.pdf>.
- [26] PEETERS, G. *A large set of audio features for sound description (similarity and classification [online]* CUIDADO project, 2003 [cit. 14.5.2018]. Dostupné z URL: <http://recherche.ircam.fr/anasyne/peeters/ARTICLES/Peeters_2003_cuidadoaudiofeatures.pdf>.
- [27] PAMPALK, E.; RAUBER, A.; MERKL, D. *A large set of audio features for sound description (similarity and classification) [online]* ACM Multimedia Juan-les-Pins, France, 2002 [cit. 14.5.2018]. Dostupné z URL: <http://www.ofai.at/~elias.pampalk/publications/pam_mm02.pdf>.

- [28] MCKAY, C.; FUJINAGA, I. ; DEPALLE, P. *A feature extraction library [online]* Proceedings of the International Conference on Music Information Retrieval, 2005 [cit. 14.5.2018]. Dostupné z URL: <http://jmir.sourceforge.net/publications/ISMIR_2005_jAudio.pdf>.
- [29] LI, Y.; YANG, S.; LI, W.; ZHU, Y. *Music Emotion Detecting Based on Beat Spectrum [online]* International Conference on Computational and Information Sciences, Chengdu, 2010 [cit. 14.5.2018]. Dostupné z URL: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/5709507/>>.
- [30] LAUKKA, P.; JUSLIN, P. N.; BRESIN, R. *A dimensional approach to vocal expression of emotion [online]* Cognition and Emotion, 2005 [cit. 14.5.2018]. Dostupné z URL: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02699930441000445>>.
- [31] LARTILLOT, O. *Mirtempo: Tempo estimation through advanced frame-by-frame peaks tracking [online]* Music Information Retrieval Evaluation eXchange, 2010 [cit. 14.5.2018]. Dostupné z URL: <<http://www.music-ir.org/mirex/abstracts/2010/OL1.pdf>>.
- [32] WIKISOFIA; *Creative commons* ISSN:2336-5897 2013[cit. 13.8.2018]. Dostupné z URL: <https://wikisofia.cz/wiki/Korelační%AD_a_regresní%AD_analýza>.
- [33] SUPPORT CENTRE *Pearsonův korelační koeficient* Math and stats, Support centre, Norway grants [cit. 13.8.2018]. Dostupné z URL: <http://mathstat.econ.muni.cz/media/12657/pear_cor.pdf>.
- [34] MATEMATICKÁ BIOLOGIE; *Pearsonův korelační koeficient* [cit. 13.8.2018]. Dostupné z URL: <<http://www.matematickabiologie.cz>>.

A PARTITURY

A.1 Mozart

2-Piano Sonata in D Major, K.448/376a
By W.A. Mozart
Courtesy of
The Sheet Music Archive
<http://www.sheetmusicarchive.com>

Allegro con spirito.

Pianoforte I.

Pianoforte II.

Obr. A.1: Sonáta D dur - první část - Allegro con spirito

A.2 Haydn

Symphony No. 94 in G major, "Paukenschlag" (Hob.I:94)

I.

Joseph Haydn (1732-1809)

Adagio cantabile

Flute I & II

Oboe I & II

Bassoon I & II

Horn I & II (in G)

Trumpet I & II (in C)

Timpani (D-G)

Violin I

Violin II

Viola

Violoncello

Contrabass

Fl. I & II

Ob. I & II

Bsn. I & II

Hrn. I & II

Vln. I

Vln. II

Vla.

Vc.

Cb.

Ritter von Schleyer Verlag, 2014.
Edited by Paul-Gustav Felber.

Obr. A.2: Symphony VI G dur, S úderem kotlů, první věta

B NAMĚŘENÉ EPILEPTIFORMNÍ VÝBOJE

V této části řetězce jsem skloubil vypsál všechny zaznamenané výboje v průběhu měření. Vzhledem k tomu, že nikdo z pacientů neposlouchá vážnou hudbu, ani se o ni nezajímají, je velmi pravděpodobné, že poslouchané skladby slyšeli poprvé. To je v mé analýze velká výhoda, protože všichni pacienti mají stejné počáteční podmínky. Když člověk skladbu zná dopředu, ví které pasáže kdy přijdou a můžou se na ně více soustředit.

Tab. B.1: Tabulka počtu výbojů

| Skladatel | Mozart | | | Haydn | | |
|---------------|--------|------|-------|--------|------|----------|
| Výboje | Celkem | Uvod | Dolce | Celkem | Uvod | Repetice |
| Pacient č.1 | 20 | 3 | 3 | 22 | 4 | 3 |
| Pacient č.2 | 8 | 2 | 1 | 36 | 6 | 4 |
| Pacient č.3 | 14 | 2 | 2 | 21 | 1 | 3 |
| Pacient č.4 | 51 | 6 | 9 | 13 | 2 | 3 |
| Pacient č.5 | 50 | 10 | 6 | 43 | 6 | 8 |
| Pacient č.6 | 13 | 4 | 0 | 66 | 7 | 14 |
| Pacient č.7 | 51 | 8 | 11 | 46 | 11 | - |
| Pacient č.8 | 40 | 9 | 6 | 17 | 5 | 7 |
| Pacientka č.1 | 0 | 0 | 0 | 5 | 1 | 1 |
| Pacientka č.2 | 32 | 9 | 5 | 27 | 12 | 5 |
| Pacientka č.3 | 19 | 6 | 3 | 21 | 4 | 3 |
| Pacientka č.4 | 12 | 2 | 3 | 27 | 6 | 4 |
| Pacientka č.5 | 18 | 0 | 4 | 25 | 4 | 5 |
| Pacientka č.6 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | Haydn | | | Mozart | | |
| Výboje | Celkem | Uvod | Dolce | Celkem | Uvod | Repetice |
| Pacientka č.7 | 33 | 2 | 5 | 19 | 5 | 3 |
| Pacientka č.8 | 46 | 12 | 10 | 58 | 6 | 5 |
| Pacientka č.9 | 28 | 2 | 3 | 17 | 4 | 5 |

B.1 Analýza reakce pacientů na skladby

Pacient č.1-Mozart - uvod - čas 0:02, 0:36 a 1:00

-pacient reaguje na začátek skladby který začíná důrazným nástupem a ve forte. V půlce vybrané části posluchač reaguje na sestupné rozložené akordy. V čase 1:00

končí hlavní téma na které pacient také reaguje. Můžeme tedy říct, že si zapamatoval hlavní téma, protože reagoval na všechny důležité pasáže.

- **dolce** - čas 5:05, 5:22 a 5:28

-při zopakování tématu druhým klavírem je v čase 5:05 změna melodie docílená trilkem. V čase 5:22 pacient reaguje na příraz při nástupu prvního klavíru a o šest vteřin později reaguje na skupinku not. Dá se říct, že v pasážích střední hlasitosti si pacient všímá melodických ozdob.

Haydn - téma - čas 1:19, 2:00, 2:11, 2:13

- čas 1:19 - celý orchestr hraje téma, lze slyšet hoboje a flétny - forte
- čas 2:00 - zakončení tématu, celý orchestr - forte
- čas 2:11 a 2:13 - dynamická změna z piano do forte, přidají se všechny nástroje

- **závěr** - čas 8:53, 9:05, 9:14

- čas 8:53 - nástup na konečné téma-zopakování - piano
- čas 9:05 - piano, hoboj hraje trilek
- čas 9:14 - změna dynamiky na forte, přidává se celý orchestr - závěr

Pacient č.2-Mozart - uvod - čas 0:10 a 0:16

- čas 0:10 je nástup nového klidné melodie po úvodním tématu. odděluje je pauza na jednu dobu. Pacient zareagoval na změnu dynamiky a klidnější melodii. A v čase 0:16 je reakce na vzestupnou stupnici, která je hraná v mezzoforte.

- **dolce** - čas 5:26

- tento výboj je zaznamenán v klidné dynamice a na nástup tématu, který se už potřetí za sebou opakuje. Je možné, že pacienta zaujala skladatelova myšlenka s výměnou tématu mezi nástroji.

Haydn - téma - čas 1:18, 1:30, 1:33, 1:36, 1:40, 1:57

- čas 1:18 - celý orchestr hraje téma, lze slyšet hoboje a flétny - forte
- čas 1:30 a 1:33 - orchestr hraje unisono, melodii hrají druhé housle - forte
- čas 1:36 - uklidnění, decrescendo do piano, housle vedou melodii - čas 1:40 - odtah a ukončení tématu - piano
- čas 1:57 - závěr tématu expozice, celý orchestr - forte

- **závěr** - čas 8:45, 8:54, 8:56, 9:00,

- čas 8:45 - smyčce hrají podkres, nástup prvních houslí - piano
- čas 8:54 a 8:56 - zopakování tématu, hraje hoboj - piano
- čas 9:00 - závěr melodie - piano

Pacient č.3-Mozart - uvod - čas 0:28 a 0:44

- první výboj zaznamenaný v čase 0:29 je konec tématu se stupnicemi. Jedná se o jednoduchou, lehce zapamatovatelnou melodii, která se stále opakuje. Nejdříve ji přehrál první klavír a následně celou pasáž zopakoval druhý klavír. A je zajímavé, že v čase 0:44 pacient reaguje na podobnou událost. Pasáž rozložených akordů zakončuje stupnice na který je zaznamenaný výboj.

- **dolce** - čas 5:22 a 5:42 -reakce v čase 5:22 je v klidné dynamice na výměnu témat mezi klavíry. Jedná se o jednoduchou melodii na dva takty, které klavíry hrají střídavě mezi sebou. V čase 5:42 nastupuje hlavní téma sonáty. Pacient si tedy všiml melodie, která byla už jednou hraná.

Haydn - téma - čas 2:07

- čas 2:07 - dynamická změna z forte do piana. Melodie housle s hobojem

- **závěr** - čas 8:48, 9:00, 9:15,
- čas 8:48 - hrají pouze smyčce, jemná melodie v prvních houslích
- čas 9:00 - stejná melodie, pouze ji hraje hobo
- čas 9:15 - dynamická změna do forte, nástup celého orchestru

Pacient č.4-Mozart - uvod - čas 0:09, 0:22, 0:39, 0:45, 0:48, 0:53

- v čase 0:09 je zaznamenaný výboj. Jedná se o zakončení úvodní melodie. Ta je důrazná a ve forte. V čase 0:22 je zaznamenaný výboj přesně ve chvíli, kdy druhý klavír přebere melodii od prvního klavíru. Jedná se o vzestupné stupnice zakončené ozdobou v prvním klavíru. V čase 0:39 je v nahrávce dohrána pasáž sestupných rozložených akordů končících ve forte. O šest vteřin později je náhlá dynamická změna do mezzopiana a během doby osmi vteřin jsou zaznamenány tři výboje vždy na rychlou ozdobu, jako třeba trilek.

- **dolce** - čas 5:01, 5:04, 5:10, 5:16, 5:20, 5:26, 5:31, 5:36, 5:44
- čas 5:01 - klidná pasáž tématu
- čas 5:04 - trilek
- čas 5:10 - opakování melodie ve fortissimu (stejně místo v melodii jako čas 5:01)
- čas 5:16 - začátek opakování melodie z druhého klavíru-piano
- čas 5:20 - začátek opakování melodie z prvního tématu-piano
- čas 5:26 - trilek-piano
- čas 5:31 - ukončení pasáže jednohlasou melodií-piano
- čas 5:36 - příprava na hlavní téma - crescendo

- čas 5:44 - nástup hlavního téma - forte
- v této části skladby reaguje pacient hlavně na ozdoby v tišší dynamice a na výměu melodie mezi nástroji.

Haydn - téma - čas 1:37, 1:50

- čas 1:37 - zakončení tématu, hrají smyčce - decrescendo
- čas 1:50 - celý orchestr, housle hrají rozložený akord A7

- závěr - čas 8:35, 9:06, 9:15

- čas 8:35 - nástup pouze dechů, opakují téma z houslí - piano
- čas 9:06 - piano, hoboje hraje trilek
- čas 9:15 - změna dynamiky na forte, přidává se celý orchestr - závěr

Pacient č.5-Mozart - uvod - čas 0:01, 0:03, 0:11, 0:21, 0:24, 0:35, 0:39, 0:43, 0:50, 1:00

- čas 0:01 a 0:03 jsou výboje v úvodním tématu
- čas 0:11 - vyhrávka druhého klavíru do melodie prvního-mezzopiano
- čas 0:21 a 0:24 je výměna tématu do druhého klavíru-mezzoforte
- čas 0:35 a 0:39 - sestupné rozložené akordy-forte
- čas 0:43 - nástup nového klidného tématu-mezzoforte
- čas 0:50 - pokračování tématu
- čas 1:00 - zakončení první pasáže skladby-mezzoforte
- pacient reaguje na velkou změnu důležitých změn ve skladbě a uvědomuje si její dynamické přechody.

- dolce - čas 4:53, 5:01, 5:06, 5:14, 5:30, 5:44

- čas 4:53 - začátek provedení, nové téma-piano
- čas 5:01 - opakování tématu v druhém klavíru-piano
- čas 5:06 - první klavír hraje téma provedení, ale ve forte. Předchází mu nástup, který crescenduje do forte
- čas 5:14 - zase téma hrané druhým klavírem-mezzopiano
- čas 5:30 - ukončení tématu jednohlasou melodií-piano
- čas 5:44 - nástup na hlavní téma-forte
- v této klidnější části skladby si pacient dobře všímá témat, které jsou ve skladbě stále opakovány. Díky vcelku jednoduché struktuře témat dokáže identifikovat jejich konec a začátek.

Haydn - téma - čas 1:10, 1:21, 1:29, 1:39, 1:53, 2:05,

- čas 1:10 - začátek tématu expozice, hrají housle - piano

- čas 1:21 - celý orchestr, hoboj přebírá melodii - forte
- čas 1:29 - závěrečná pasáž, dechy hrají stejné, vysoké tóny
- čas 1:39 - zakončení tématu, smyčce hrají pizzicato
- čas 1:53 - hrají všechny nástroje, kontrabass a violoncello nástup s tématem - forte
- čas 2:05 - hrají pouze smyčce hlavní téma - piano

- **závěr** - čas 8:35, 8:38, 8:42, 8:45, 8:54, 8:57, 9:01, 9:05, 9:19,
- čas 8:35 - flétny opakují téma po houslích - mezzoforte
- čas 8:38 - flétny hrají téma, doprovod fagot - mezzoforte
- čas 8:42 - zakončení tématu - piano
- čas 8:45 - nástup smyčců na téma expozice - piano
- čas 8:54 - nástup hoboje na hlavní melodii - piano
- čas 8:57 - téma expozice
- čas 9:01 a 9:05 - ukončení tématu - piano
- čas 9:19 - závěr skladby - forte

Pacient č.6-Mozart - uvod - čas 0:01, 0:23, 0:31, 0:47

- čas 0:01 - začátek skladby ve forte - čas 0:23 - druhý klavír přebírá melodii se stupnicemi - mezzoforte
- čas 0:31 - začátek tématu se sestupnými rozloženými akordy - forte
- čas 0:47 - klidné téma v druhém klavíru po dynamické změně - mezzoforte
- pacient reaguje na změnu tématu, které je většinou ve forte

- **dolce** - čas - žádný

Haydn - téma - čas 1:12, 1:26, 1:35, 1:52, 2:08, 2:13, 2:21

- čas 1:12 - začátek tématu expozice, hrají housle - piano
- čas 1:26 - všechny nástroje, housle hrají melodii - forte
- čas 1:35 - zakončení tématu, hrají housle - decrescendo
- čas 1:52 - celý orchestr, housle hrají rozložený akord A7
- čas 2:08 - dynamická změna z forte do piano. Melodie housle s hobojem
- čas 2:13 - dynamická změna, celý orchestr - forte
- čas 2:21 - závěr tématu, mezzoforte

- **závěr** - čas 8:31, 8:35, 8:40, 8:43, 8:48, 8:52, 8:56, 9:01, 9:04, 9:09, 9:15, 9:17, 9:23, 9:28
- čas 8:31 - smyčce doprovod, téma hraje hoboj - piano
- čas 8:35 - nástup, doprovod dechy, téma hrají flétny - piano

- čas 8:40 a 8:43 - závěr tématu -piano
- čas 8:48 a 8:52 - doprovod smyčce, téma je v houslích - piano
- čas 8:56 a 9:01 - hoboje přehrává melodii, doprovod smyčce a dechy
- čas 9:04 - klamný závěr - piano
- čas 9:09 - flétna hraje melodii, hoboje hraje trilek - piano
- čas 9:15 a 9:17 - dynamická změna, nástup celý orchestr - forte
- čas 9:23 a 9:28 - závěr skladby - forte

Pacient č.7-Mozart - uvod - čas 0:04, 0:10, 0:28, 0:39, 0:44, 0:50, 0:52, 1:00

- čas 0:04 - úvodní téma-forte
- čas 0:10 - konec úvodního tématu -forte
- čas 0:28 - zakončení tématu se stupnicemi - mezzoforte
- čas 0:39 - konec pasáže sestupných rozložených akordů - forte
- čas 0:44 - nástup nového klidného tématu-mezzoforte
- čas 0:50 a 0:52 - končící pasáž tématu s melodií v druhém klavíru - mezzoforte
- čas 1:00 - zakončení první pasáže expozice-mezzoforte
- pacient si jasně všímá končících témat. Většinou jsou tvořeny dominantním akordem.

- **dolce** - čas 4:59, 5:00, 5:01, 5:02, 5:04, 5:07, 5:08, 5:09, 5:25, 5:34, 5:38 - čas 4:59 až 5:09 - reakce zde začíná při opakování tématu v prvním klavíru a trvá až do dynamické změny, kdy první klavír crescenduje do fortissima
- čas 5:25 - tento signál je zachycen v končící klidné pasáži, kdy si klavíry vyměňují melodii - mezzoforte
- čas 5:34 a 5:38 - zakončování tématu
- pacient v této části skladby reaguje pouze na klidné a tižší místa

Haydn - téma - čas 1:10, 1:18, 1:22, 1:28, 1:36, 1:44, 1:53, 1:59, 2:06, 2:16, 2:21

- čas 1:10 - začátek tématu expozice, hrají housle - piano
- čas 1:18 a 1:22- celý orchestr, hoboje přebírá melodii - forte
- čas 1:28 - všechny nástroje, housle hrají melodii - forte
- čas 1:36 - zakončení tématu, hrají housle - decrescendo
- čas 1:44 - housle opakuji téma z expozice - piano
- čas 1:53 - hraje celý orchestr, kontrabaa a violoncello hrají rozložený akord D dur
- čas 1:59 - závěr tématu expozice, celý orchestr - forte
- čas 2:06 - housle hrají téma s hobojem - piano
- čas 2:16 - závěrečná pasáž expozice - forte
- čas 2:21 - poslední akord

- **závěr** - chyba měření

Pacient č.8-Mozart - uvod - čas 0:10, 0:22, 0:26, 0:29, 0:35, 0:39, 0:43, 0:49, 0:55

- čas 0:10 - začátek klidného tématu - mezzopiano
- čas 0:22 - druhý klavír přebírá melodii se stupnicemi od prvního klavíru - mezzo-forte
- čas 0:26 a 0:29 - pokračování a zakončení tématu se stupnicemi - mezzoforte
- čas 0:35 - sestupné rozložené akordy - mezzoforte
- čas 0:39 - konec pasáže sestupných rozložených akordů - forte
- čas 0:43 - nástup nového klidného tématu, druhý klavír hraje melodii-mezzoforte
- čas 0:49 - klidné téma v druhém klavíru po dynamické změně - mezzoforte
- čas 0:55 - zakončení tématu začínající dominantou - mezzoforte
- pacient reaguje na melodie se stupnicemi a rozloženými akordy

- **dolce** - čas 4:54, 5:00, 5:11, 5:19, 5:28, 5:41 - čas 4:54 - první klavír přehrává téma provedení - piano

- čas 5:00 - druhý klavír opakuje téma provedení - piano
- čas 5:11 - závěr tématu provedení hrané ve forte
- čas 5:19 - výměna nového tématu do prvního klavíru - mezzoforte
- čas 5:28 - závěrečná pasáž nového tématu - piano
- čas 5:41 - přechod na téma z expozice - crescendo

Haydn - téma - čas 1:45, 1:57, 2:05, 2:15, 2:19

- čas 1:45 - housle hrají téma expozice- piano - čas 1:57 - závěr tématu expozice, celý orchestr - forte
- čas 2:05 - housle hrají téma s hobojem - piano
- čas 2:15 a 2:19 - závěrečná formule před písmenem B - forte

- **závěr** - čas 8:33, 8:39, 8:50, 8:59, 9:06, 9:08, 9:26

- čas 8:33 - smyčce, klidné téma
- čas 8:39 - stejné téma opakují dechy - piano
- čas 8:50 - závěr klidného tématu, smyčce - piano
- čas 8:59 - stejné téma přehrávají dechy, smyčce doprovod - piano
- čas 9:06 a 9:08 - flétna hraje melodii, hoboje hraje trilek - piano
- čas 9:26 - závěrečný akord skladby - forte

B.2 Pacientky

Pacientka č.1-Mozart - uvod - čas žádný

- **dolce** - čas žádný

Haydn - téma - čas 2:16

- čas 2:16 - ukončení tématu pře písmenem B, hraje celý orchestr - forte

- **závěr** - čas 8:56

- čas 8:56 - klidné téma přehrávají dechy, smyčce doprovod - mezzoforte

Pacientka č.2-Mozart - uvod - čas 0:02, 0:05, 0:11, 0:13, 0:27, 0:30, 0:33, 0:49, 0:55

- čas 0:02 a 0:05 - úvodní téma. Ve dvou vteřinách skladby je výboj zaznamenán na trilek-forte

- čas 0:11 a 0:13 - klidné téma hrané druhým klavírem, ozdobná melodie - mezzopiano

- čas 0:27 - melodie se stupnicemi, pacientka reaguje na ozdobné zakončení tématu-mezzoforte

- čas 0:30 a 0:33 - rozložené sestupné akordy - mezzoforte

- čas 0:49 - klidné téma s melodií v druhém klavíru

- čas 0:55 - zakončení tématu na dominantním akordu - mezzoforte - pacientka reaguje spíše na ozdoby ve skladbě v klidné dynamice

- **dolce** - čas 4:52, 5:00, 5:07, 5:30, 5:40

- čas 4:52 - nástup tématu provedení - mezzopiano

- čas 5:00 - druhý klavír opakuje melodii po prvním klavíru - mezzopiano

- čas 5:07 - klavíry hrají téma unisono ve fortissimu

- čas 5:30 - závěr dolce tématu před nástupem na téma expozice, ozdoba na tónu gis - piano

- čas 5:40 - příprava na téma expozice - crescendo

- pacientka vnímá nástupy tématu a jejich ukončení, většinou v tišší dynamice skladby

Haydn - téma - čas 1:13, 1:18, 1:22, 1:28, 1:31, 1:36, 1:43, 1:48, 1:55, 2:00, 2:11, 2:21

- čas 1:13 - dynamická změna na forte, hraje celý orchestr

- čas 1:18 a 1:22 - pokračování v tématu - forte

- čas 1:28 a 1:31- všechny nástroje, přechod do závěrečné formule - forte

- čas 1:36 - dynamická změna, hrají pouze smyčce - mezzopiano

- čas 1:43 - smyčce a hoboj hrají znovu téma expozice - piano
- čas 1:48 - dynamická změna, hrají všechny nástroje - forte
- čas 1:55 - pokračování tématu - forte
- čas 2:00 - závěrečná pasáž, dechy hrají vysoké tóny
- čas 2:11 - dynamická změna na forte
- čas 2:21 - poslední akord závěru

- **závěr** - čas 8:32, 8:48, 8:55, 9:09, 9:17
- čas 8:32 - smyčce a hoboj hrají klidné téma - piano
- čas 8:48 - celý orchestr, housle hrají melodii, trilek - piano
- čas 8:55 - nástup dechů, přehrávají melodii ze smyčců - piano
- čas 9:09 - flétna hraje melodii, hoboj hraje trilek - piano
- čas 9:17 - závěr skladby - forte

Pacientka č.3-Mozart - uvod - čas 0:08, 0:20, 0:31, 0:38, 0:51, 0:58

- čas 0:08 - zakončení úvodního tématu - forte
- čas 0:20 - melodie se stupnicemi - mezzoforte
- čas 0:31 - zakončení melodie se stupnicemi opakované v druhém klavíru - mezzo-forte
- čas 0:38 - rozložené sestupné akordy - mírné crescendo
- čas 0:51 - klidné téma hrané druhým klavírem - mezzopiano
- čas 0:58 - zakončení klidného tématu - mezzoforte
- pacientka reaguje jak na rychlé stupnice v mezzoforte, tak i na klidné pasáže ve skladbě

- **dolce** - čas 5:00, 5:25, 5:39 - čas 5:00 - téma provedení opakované prvním klavírem - mezzoforte
- čas 5:25 - opakování klidného tématu v prvním klavíru, reakce na ozdobu-piano
- čas 5:39 - příprava na téma expozice - crescendo
- v této pasáži reaguje pacientka na melodické ozdoby v pianu

Haydn - téma - čas 1:24, 1:39, 2:01, 2:21

- čas 1:24 - orchestr ve forte
- čas 1:39 - zakončení tématu expozice pizzicatem, hrají pouze smyčce - piano
- čas 2:01 - zakončení tématu ve forte, hlavně dechy
- čas 2:21 - dynamická změna do piana

- **závěr** - čas 8:41, 9:01, 9:06
- čas 8:41 - klidná část, hrají dechy - piano

- čas 9:01 - zakončení tématu, pouze smyčce
- čas 9:06 - flétna hraje melodii, hoboj hraje trilek - piano

Pacientka č.4-Mozart - uvod - čas 0:44, 0:46

- čas 0:44 - nástup klidného tématu, melodie druhý klavír - decrescendo do mezzo-forte
- čas 0:46 - pokračování tématu - mezzoforte
- pacientka reaguje na klidnější pasáže v tišší dynamice
 - **dolce** - čas 5:37, 5:41, 5:44
- čas 5:37 a 5:41 - přípravná pasáž na expozici - crescendo
- čas 5:44 - téma expozice - forte
- v této části skladby pacientka reaguje na příchod expozice. Jedná se o část skladby, která vytváří pocitové napětí a očekávání nějaké pasáže - crescendo

Haydn - téma - čas - 1:11, 1:15, 1:20, 2:05, 2:10, 2:21

- čas 1:11 - hlavní téma expozice, hrají housle - piano
- čas 1:15 - dynamická změna, přidává se celý orchestr - forte
- čas 1:20 - pokračování tématu - forte
- čas 2:05 - housle znovu přehrávají téma expozice - piano
- čas 2:10 - dynamická změna, přidávají se všechny nástroje - forte
- čas 2:21 - dynamická změna do piana

- závěr - čas 8:38, 8:57, 9:02, 9:29

- čas 8:38 - hrají pouze dechy, fagor rozložené akordy - piano
- čas 8:57 - dechy začínají melodii, smyčce doprovod - piano
- čas 9:02 - konec tématu, pouze smyčce - piano
- čas 9:29 - dozvuk po posledním akordu

Pacientka č.5-Mozart - uvod - čas žádný

- v této části skladby nebyl zaznamenán ani jeden výboj. První se nacházel až v čase 1:15 minuty.

- dolce - čas - 4:52, 5:11, 5:20, 5:33

- čas 4:52 - téma provedení - piano
- čas 5:11 - téma provedení hrané ve forte
- čas 5:20 - výměna klidné melodie v části dolce, nástup druhého klavíru, příraz-mezzoforte
- čas 5:33 - zakončení tématu dolce, jednohlasá melodie - piano
- zaznamenaná výboje jsou hlavně na začínající nebo končící melodii v tišším tempu

Haydn - téma - čas 1:09, 1:15, 1:33, 2:10

- čas 1:09 - začátek skladby - piano
- čas 1:15 - dynamická změna, přidává se celý orchestr - forte
- čas 1:33 - zakončení téma expozice, hrají všichni - forte
- čas 2:10 - dynamická změna, přidávají se všechny nástroje - forte

- závěr - čas 8:41, 8:42, 8:50, 8:56, 9:24

- čas 8:41 a 8:42 - jemná melodie, hrají pouze dechy - piano
- čas 8:50 - závěr tématu, hrají smyčce - piano
- čas 8:56 - nastupuje hoboj s tématem - piano
- čas 9:24 - závěr skladby - forte

Pacientka č.6-Mozart - uvod - čas žádný

- **dolce** - čas žádný

Haydn - téma - čas žádný

- **závěr** - čas žádný

Pacientka č.7-Haydn - téma - čas 1:45, 1:56

- čas 1:45 - smyčce a hoboj hrají znovu téma expozice - piano
- čas 1:56 - pokračování tématu, celý orchestr - forte

- závěr - čas 8:37, 8:45, 8:47, 8:57, 9:15

- čas 8:37 - jemná melodie, hrají pouze dechy - piano
- čas 8:45 a 8:47 - hrají smyčce, navázání melodie na dechy - piano
- čas 8:57 - hoboj nastupuje s melodií, smyčce doprovod - piano
- čas 9:15 - nástup všech nástrojů, mírné crescendo

Mozart - uvod - čas 0:08, 0:11, 0:31, 0:43, 1:00

- čas 0:08 - zakončení úvodu expozice - forte
- čas 0:11 - mezitéma v mezzoforte
- čas 0:31 - sestupné rozložené akordy - mezzoforte
- čas 0:43 - nástup nového klidného tématu, druhý klavír hraje melodii-mezzoforte
- čas 1:00 - zakončení první pasáže expozice-mezzoforte
- reakce je zaznamenána na začátek a konec témat ve vyšší dynamice

- **dolce** - čas 4:51, 4:58, 5:05
- čas 4:51 - nástup provedení, melodie - piano
- čas 4:58 - druhý klavír hraje melodii provedení - mezzoforte
- čas 5:05 - nástup tématu ve forte

Pacientka č.8-Haydn - téma - čas 1:13, 1:18, 1:29, 1:34, 1:39, 1:42, 1:50, 1:52, 1:58, 2:01, 2:08, 2:24

- čas 1:13 - téma expozice, hrají housle - piano
- čas 1:18 - pokračování tématu, všechny nástroje - forte
- čas 1:29 - závěrečná formule, dechy hrají vysoké tóny
- čas 1:35 - dynamická změna, hrají pouze smyčce - mezzoforte
- čas 1:39 - zakončení tématu expozice pizzicatem, hrají pouze smyčce - piano
- čas 1:42 - smyčce a hoboje hrají znovu téma expozice - piano
- čas 1:50 a 1:52 - celý orchestr, housle hrají rozložený akord A7
- čas 1:58 a 2:01 - zakončení tématu, dechy hrají vysoké tóny
- čas 2:08 - smyčce a flétna hrají hlavní téma - piano
- čas 2:24 - nástup houslí, smyčce doprovod - piano

- **závěr** - čas 8:34, 8:41, 8:52, 8:55, 9:01, 9:09, 9:14, 9:18, 9:23, 9:29
- čas 8:34 - konečný akord smyčců, zakončení melodické pasáže - piano
- čas 8:41 - jemná melodie, hrají pouze dechy - piano
- čas 8:52 - smyčce, zakončení tématu - piano
- čas 8:55 - hoboje nastupuje s melodií, smyčce doprovod - piano
- čas 9:01 - zakončení tématu - piano
- čas 9:09 - flétna hraje melodii, hoboje hraje trilek - piano
- čas 9:14 - dynamická změna, hraje celý orchestr - forte
- čas 9:18 a 9:23 - závěrečná pasáž - forte
- čas 9:29 - dozvuk po posledním akordu

Mozart - uvod - čas 0:08, 0:20, 0:25, 0:31, 0:45, 0:54

- čas 0:08 - zakončení úvodu expozice - forte
- čas 0:20 - téma se stupnicemi - mezzoforte
- čas 0:25 - téma se stupnicemi, druhý klavír - mezzoforte
- čas 0:31 - sestupné rozložené akordy - mezzoforte
- čas 0:45 - klidné téma, druhý klavír hraje melodii - mezzoforte
- čas 0:54 - závěr první části expozice, trilek - mezzoforte

- **dolce** - čas 4:56, 5:04, 5:14, 5:26, 5:32
- čas 4:56 - nástup tématu ve druhém klavíru - mezzoforte

- čas 5:04 - takt před nástupem tématu - tercie crescendo
- čas 5:14 - dolce, téma, první nota - mezzoforte
- čas 5:26 - dolce, téma ozdoba - mezzopiano
- čas 5:32 - zakončení tématu dolce, jednohlasá melodie - piano

Pacientka č.9-Haydn - téma - čas 1:19, 2:02

- čas 1:19 - hraje celý orchestr, pokračování tématu - forte
- čas 2:02 - dynamická změna, housle hrají osminky na jednom tónu

- závěr - čas 8:30, 9:13, 9:25

- čas 8:30 - housle hrají melodii s hobojem - piano
- čas 9:14 - dynamická změna, hraje celý orchestr - forte
- čas 9:25 - závěrečný akord

- Mozart - uvod - čas 0:13, 0:22, 0:45, 0:49

- čas 0:13 - mezitéma - mezzoforte
- čas 0:22 - nástup druhého klavíru s tématem se stupnicemi - mezzoforte
- čas 0:45 a 0:49 - klidná melodie, druhý klavír melodie - mezzoforte

- dolce - čas 4:55, 5:17, 5:28, 5:33, 5:44

- čas 4:55 - téma provedení - crescendo
- čas 5:17 - dolce téma, první klavír nástup - mezzopiano
- čas 5:28 - zakončení dolce melodie, ozdoba - piano
- čas 5:33 - zakončení tématu dolce, jednohlasá melodie - piano
- čas 5:44 - téma expozice - forte